

Kap.6 Potentialet for kombineret afgrøde- og energiproduktion på økologiske planteavlsbrug

Randi Dalgaard & Niels Halberg, Afdelingen for Jordbrugsproduktion og Miljø, DJF

Som vist i de foregående kapitler har økologisk produktionsformer ikke for alvor inddraget den økologiske målsætning om at mindske landbrugets afhængighed af fossil energi. Samtidigt findes der muligheder for at landbruget kan øge deres energiproduktion gennem afgrødevalg og målrettet udvinding af energi fra afgrøder og restprodukter. I det følgende vil et par af disse muligheder blive modelleret på bedriftsniveau med henblik på at vurdere den samlede effekt mht. energiproduktion, afgrødeproduktion og afledte emissioner af alternative økologiske sædskifter. Der fokuseres på dyrkning af raps til dieselerstatning på 10 % af arealet hhv. kløvergræs til bioforgasning på 20% af arealet på økologiske planteavlsbedrifter.

Metode:

Der tages udgangspunkt i en model over repræsentative bedriftstyper baseret på stikprøver af bedriftsregnskaber fra FØI for 1999, som beskrevet af Dalgaard et al. (2003) samt Larsen (2003). Modellen består af 31 bedriftstyper, herunder økologiske malkekvægbedrifter og økologiske planteavls-bedrifter på hhv. ler- og sandjord. Typen økologiske planteavlsbedrifter på sandjord er baseret på 107 regnskaber fra bedrifter uden malkekvæg, dvs. gruppen indeholder en blanding af bedrifter med mindre husdyrhold af forskellig slags. I alt repræsenterer typen 1084 bedrifter svarende til 42287 ha. Indsats og udbytter samt areal er repræsentative for økologiske bedrifter uden malkekvæg, men som følge af denne metode indeholder typen et urealistisk antal forskellige afgrøder på relativt små arealer. I den her udviklede model er dette antal afgrøder forsøgt reduceret under hensyntagen til muligheden for at kunne generalisere resultaterne.

Tabel 1 viser arealfordeling i udgangsmodellen (basis) og de to modellerede alternativer samt udbytter. Der dyrkes grovfoder på 12,5 ha af i alt 35 ha sædskifteareal og derudover er der 4 ha vedvarende græs. Dette er afstemt i forhold til en gennemsnitlig besætning bestående af 12 DE, ca. 50% fra kvæg. I rapsbedriften er indsat raps i 10% af sædskiftearealet og brak- og vårbygarealet er reduceret tilsvarende. I kløverbedriften er arealet med sædskiftegræs udvidet til 7,8 ha (20% sædskifteareal), hvilket frigiver ca. 3,6 ha til høst til biogasproduktion.

Tabel 1. Arealfordeling og udbytter for de tre bedrifter.

Afgrøde	Udbytte per ha	Basisbedrift	Rapsbedrift	Kløverbedrift
Vårbyg	31,0 hkg	13,9	13,4	13,6
Hvede	46,1 hkg	3,6	3,6	3,6
Rug	25,3 hkg	2,4	2,4	2,4
Havre	30,4 hkg	2,4	2,4	2,4
Ærter til modenhed	21,7 hkg	1,9	1,9	1,9
Raps	17,6 hkg	0	3,9	0
Helsæd	4300 FE	4,0	4,0	4,0
Sædskiftegræs	5600 FE	4,2	4,2	7,8
Vedvarende græs	2000 FE	3,3	3,3	3,3
Brak		3,3	0	0
I alt		39,0	39,0	39,0

Der er brugt de samme gennemsnitlige udbytter per ha af salgsafgrøder og estimerede grovfoderudbytter i basisbedriften og i de to modelbedrifter. Græsudbyttet fra kløvergræs til biogas er antaget at være på samme niveau som græs til foder, nemlig 5600 Fe per ha på både ler og sand. Der er ikke pt. taget hensyn til, at det forbedrede sædskifte i kløvergræsbedriften formentlig vil øge kornudbytterne (forfrugtsværdien af kløvergræs).

Ud fra de grundlæggende data beregnes solgte produkter og forbrug af ressourcer fra basismodellen og de tilpassede modeller efter standardiserede principper anvendt i Livscyklusvurderinger (Dalgaard et al., 2003; Nielsen et al., 2003). Forskellen i kornproduktion er udlignet ved tilkøb af byg på raps- og kløvergræs bedrifterne for at øge sammenligneligheden (energiforbrug ved samme produktion). Forskellen i arealanvendelse er således stort set baseret på en alternativ anvendelse af brakarealet.

Det er antaget at kløvergræs bedriften modtager afgasset gylle svarende til N-indholdet i det leverede græs. Som en konsekvens heraf er input af konventionel gylle reduceret proportionalt med mængden af N tilbageført med afgasset gylle. Der er ikke taget hensyn til evt. forskelle i udnyttelsen af total N i hhv. svinegylle og afgasset gylle i beregning af markudbytter, tab og overskud i kløvergræsbedriften.

Energiudbyttet af presset rapsfrø og kløvergræs til biogas beregnes som beskrevet i Vidensyntesens kapitel 3 (tabel 3.2). Der er indregnet energiforbrug og emission af drivhusgasser til transport af kløvergræs og afgasset gylle efter LCA databasen (Nielsen et al., 2003) og med antagelser om brug af en 28 ton lastbil med 40% effektivitet (tomkørsel den ene vej) og en transportafstand på 25 km.

Energiforbruget i markdriften er beregnet efter Dalgaard et al. (2001) øvrige energiforbrug samt emissioner af næringsstoffer og drivhusgasser beregnes i udgangssituationen efter standardiserede principper anvendt i Livscyklusvurderinger (Dalgaard et al, 2003; [Nielsen](#) et al., 2003).

Emissionen af methan og lattergas beregnes efter IPCC (2000). N₂O-emission fra husdyrgødning udbragt på mark beregnes på grundlag af den mængde N i husdyrgødning som tilføres marken og som ikke fordampes i form af NH₃ og NO_x. Emissionsfaktoren for N₂O-emission fra husdyrgødning udbragt på mark er ifølge IPCC (2000) 0,0125 kg N₂O-N/kg N tilført mark (ekskl. NH₃ og NO_x). NH₃-emissionen fra husdyrgødning udbragt på mark beregnes ifølge Andersen et al., (2001). NO_x-emissionen betragtes som ubetydelig og beregnes derfor ikke.

N₂O-emission fra afgrøderester udgør en meget betydelig post i det samlede N₂O-budget, og der er stor usikkerhed omkring beregningsmetoden. Emissionen estimeres på grundlag af afgrøderesterens N-indhold, og er beregnet i henhold til IPCC (2000), som anbefaler at N i den samlede planteproduktion beregnes ud fra høstudbytter vha. en omregningsfaktor på 2. Dvs. at vægten af afgrøderester antages at være lig vægten af udbyttet, hvilket eksempelvis betyder, at tørstofmængden i stub og rødder antages at være lig med tørstofmængden i kornet. Dette gælder alle afgrøder. For at estimere N i afgrøderesterne er det i henhold til IPCC (1996) antaget, at N-indholdet i ikke-N-fikserende afgrøder er 0,015 kg N/kg TS, mens det for N-fikserende afgrøder er 0,03 kg N/kg TS. Efterfølgende korrigeres for den andel, som fjernes fra marken. Emissionsfaktoren for N₂O-emission fra afgrøderester er ifølge IPCC (2000) 0,0125 kg N₂O-N/kg N i afgrøderester. **Denitrifikation og beregning af lattergas produktion er estimeret ud fra Winter (2003).**

Emissionsfaktoren for N₂O-emission fra nitratudvaskning er ifølge IPCC (2000) 0,025 kg N₂O-N/kg NO₃-N. Nitratudvaskningen på de enkelte bedriftstyper er bestemt ved beregning af markoverskud som herefter er fratrukket NH₃-tab. Efterfølgende er korrigeret for denitrifikation, samt indbygning/nedbrydning af kvælstof i jordpuljen.

N₂O og CH₄ er kraftigere drivhusgasser end CO₂, og der regnes med at det globale opvarmningspotentiale for N₂O og CH₄ er henholdsvis 320 og 25 CO₂-ækvivalenter per kg (Kilde: (LCA databasen (Nielsen et al., 2003)) Dvs. at 1 kg N₂O forårsager 320 gange så meget drivhuseffekt som 1 kg CO₂.

(Energiforbrug og emissioner ved avl og produktion af kraftfoder udenfor bedriften er ikke medregnet her pt. men vil blive det senere. Effekten af denne undtagelse er at fordelene ved at bruge egen rapskrå til erstatning for importeret foder ikke vises hvorved effekten rapsbedriften ikke godskrives hele den sparede drivhusgasudledning i sammenligningerne).

Tabet af Kvælstof (N) og fosfor (P) har betydning for eutrofiering og beregnes efter balance metoden. De luftformige tabskilder for N beregnes ud fra standard modeller (ref). Markoverskuddet efter luftformige tab samt fradrag for netto-opbygning af jordens N pulje (beregnet med FASSET, cit. fra Berntsen et al., 2003) betragtes som potentiel udvaskning og indgår i beregning af lattergas-emission. *(Der er imidlertid behov for en mere præcis modellering af effekterne af det reducerede kulstofindhold efter afgang på opbygningen i jorden på kløvergræsbedriften sammenlignet med basisbedriften.)*

For de modellerede bedrifter beregnes ændringer i udledning af drivhusgasser som effekt af og ændret forbrug af fossil energi. Der beregnes ændring i lattergas emission som følge af denitrifikation og N-fiksering på det forøgede kløvergræsareal samt evt. mindre ændringer i potentiel udvaskning. Methan emissionen på bedrifterne er uændret, fordi den kun afhænger af kvægholdet, som er det samme i de tre bedrifter. Der er dog indregnet et tab på 3% af metanen fra biogasanlægget (foreløbigt skøn), hvilket tillægges den samlede drivhusgas emission fra kløvergræsbedriften.

Konsekvensen af de ændrede sædskifter for jordens lagring af kulstof er ikke inkluderet direkte i drivhusgasregnskabet men er som beskrevet i afsnit *Sædskiftemæssige aspekter af energiproduktion i økologisk jordbrug* (Olesen, 2003) anslået til at være 500 kg C oplagret ekstra per ha kløvergræs. Det betyder at der på kløverbedriften indbygges 6,6 tons ekstra CO₂, set i forhold til basisbedriften.

Resultaterne på bedriftsniveau opskaleres til nationalt niveau ved brug af vægtene bag det repræsentative datasæt fra FØI. Den økologiske planteavlbedrift brugt her repræsenterer som nævnt 1084 bedrifter over hele landet svarende til i alt 42287 ha. Den samlede potentielle energiproduktion fra raps eller kløvergræs til biogasproduktion fra disse arealer beregnes uden hensyntagen til forskelle i jordtyper. Den samlede energiproduktion sættes i forhold til ???

Resultater

Resultatet i form af produkter solgt fra bedriftstyperne samt de tilhørende inputs på årsbasis fremgår af Tabel 2. Der bruges i udgangssituationen godt 3000 l diesel og ca. 9500 kWh per år på basisbedriften og der importeres godt 7,5 tons kraftfoder og i alt 3,4 tons gylle, heraf ca. 1/3 fra økologiske kvægbrug. Godt 2/3 af dieselforbruget på rapsbedriften kan erstattes med det

hjemmeproducerede rapsolie og den producerede mængde rapskage kan erstatte meget af det indkøbte kraftfoder, hvilket dog ikke er indregnet pt.

Korn udgør den største mængde solgte produkter fra bedrifterne og er holdt konstant over de tre typer for at lette sammenligneligheden. Derfor er der ”købt” 1-2 tons korn på raps og kløvergræs bedrifterne, hvilket indgår i disse modelbedrifters energiforbrug. Kløvergræsset bidrager via biogasanlægget med 148 GJ varme og 27 MWh, hvilket er nærmere beskrevet i tabel 3.

Tabel 2. Indkøb og salg af produkter fra økologiske planteavlsbedrifter baseret på regnskabsdata (basis) samt to modeller ved ændret sædskifte.

Indkøbte produkter	Basis	Raps	Kløvergræs
Diesel, liter	3016	950	3030
Elektricitet, kWh	9446	10391	9446
Smøreolie, liter	302	302	303
Rapsskrå, tons	7,6	7,6	7,6
Konv. svinegylle, tons N	2,3	2,3	2,3
Øko. Kvæggylle, tons N	1,1	1,1	1,1
Korn, tons	0,0	1,8	1,0
Solgte produkter			
Korn, tons	57,9	57,9	57,9
Ærter, tons	6	6	6
Kød, tons	9	9	9
Rapskage, tons	0	4,5	0
Varme, MJ	0	0	147817
Elektricitet, kWh	0	0	27374

Tabel 3 viser beregningen af energi fra kløvergræs til biogas. Der eksporteres godt 22 t TS fra bedriften til biogasanlægget, hvilket giver en forventet produktion på 7055 m³ metan. Metanen omsættes til kombineret el og varme, i alt 27 MWh og 148 GJ varme, hvilket er mere end bedriftens samlede energiforbrug. Elproduktionen antages at substituere bedriftens el-forbrug og overskuddet substituerer andet el-forbrug i forholdet 1:1.

Tabel 3. Beregnet energiproduktion ved avl af 3 ha kløvergræs til bioforgasning

Energi fra kløvergræs		Energiproduktion pr. M3 CH4	
Kløvergræs prod. Kg TS	22410	Elproduktion, kWh	4
CH4 per tons TS	315	Varme, kWh	6
CH4 i alt	7055		
El produc. I alt, kWh	27374	Omregningsfaktor	
Varme produc. I alt, kWh	41060	Mj per kWh	3,6 9,0
Varme produc. I alt, MJ	147817		

Tabel 4. Energiforbrug og –produktion på de tre bedrifter (basis-, raps- og kløvergræsbedrift), som alle producerer 65 tons korn, 6 tons ærter og 9 tons kød (levende vægt).

	Basis	Raps	Kløvergræs
Energiforbrug (incl. Indirekte energi), GJ			
Diesel	120	38	121
El	90	99	90
Transport af græs og afgasset gylle	0	0	15
Korn	0	2	1
Sum	210	139	227
<i>Forholdsmæssigt energiforbrug</i>	<i>100</i>	<i>66</i>	<i>101</i>
Energiproduktion, GJ			
Varme	0	0	148
El	0	0	260
Sum	0	0	408
Nettoenergiforbrug, GJ	210	139	-181

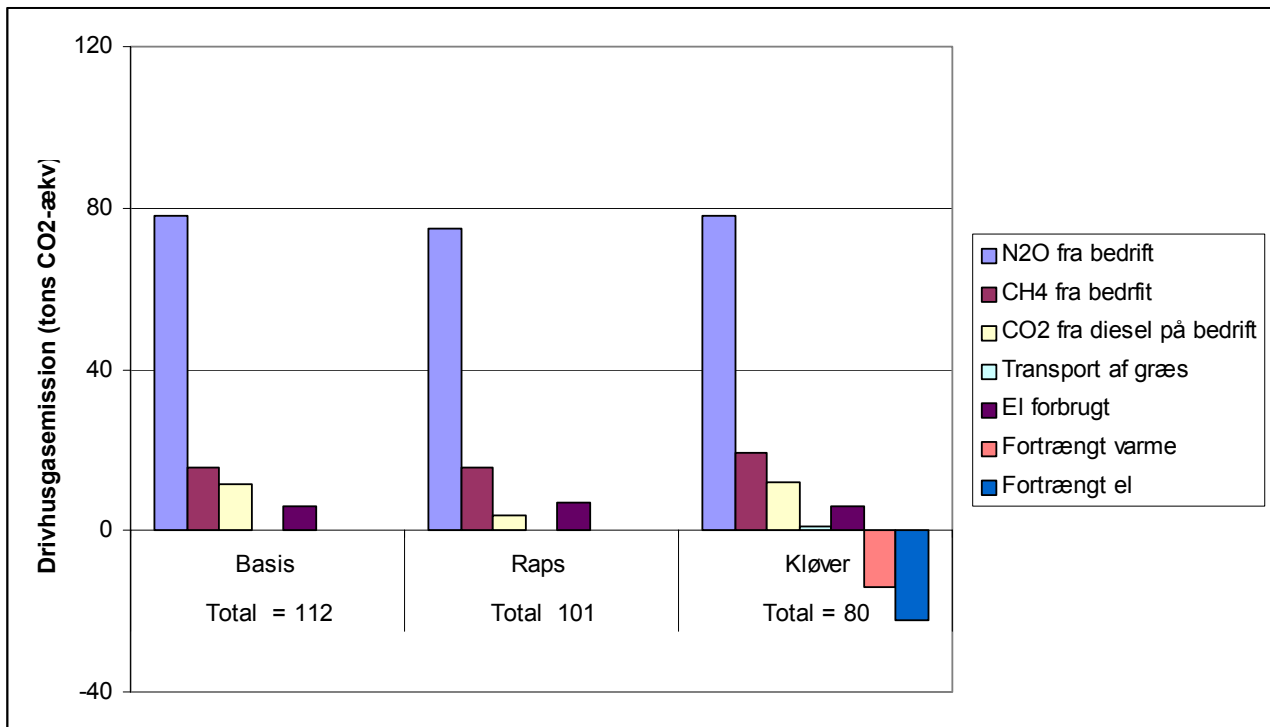
I tabel 4 ses energiforbrug og –produktion på de tre bedrifter. Det viste energiforbrug inkluderer indirekte energi, og dermed er den energi som medgår til fremstilling og distribution af eksempelvis el også inkluderet i beregningerne (dog ikke energiforbrug til kraftfoder pt). Basisbedriften forbruger diesel svarende til 120 GJ i alt på de 39 ha (ca. 77 liter diesel per ha).

Elektricitetsforbruget er højest på rapsbedriften, da det er anslået at denne bruger 10% mere elektricitet end de to andre bedrifter pga. rapspresning. Rapsbedriften producerer rapsolie svarende til 83 GJ diesel, som modregnes dieselforbruget, hvorfor forbruget af fossil energi kun er 2/3 af forbruget på basisbedriften. Vårbyg arealet på raps- og kløvergræs-bedrifterne er mindre end vårbyg arealet på basisbedriften. For at kompensere for den lavere kornproduktion importeres korn til bedrifterne, men som det fremgår er energiforbruget til fremstilling af dette korn lavt set ift. de øvrige poster. Energiforbruget til transport af græsset og den afgassede gylle svarer til under 5% af energiproduktionen fra kløvergræsset (via methan).

Fra kløvergræsbedriften produceres varme og el fra biogasanlægget svarende til henholdsvis 148 GJ og 260 GJ. Denne energiproduktion fortrænger produktion af elektricitet fra naturgas og varme et andet sted og godskrives derfor kløvergræsbedriften (for el med den samme ”energiomkostning” på 9,5 MJ per kWh som anvendes ved beregning af bedriftenes energiforbrug). Dette bevirker at kløvergræsbedriften har en nettoenergiproduktion, svarende til 181 GJ. I beregningerne for raps- og kløvergræsbedriften er pt. ikke indregnet energi til bygning af biogasanlæg og fremstilling af rapspresse.

De tre bedrifter importerer hver ca. 7,6 tons rapsskrå og rapsbedriften producerer samtidig 4,5 tons rapsskrå. Disse poster indgår pt. ikke i beregningerne men vil blive inddraget senere, og vil medføre at nettoenergiforbruget på rapsbedriften blive lavere.

Figur 1 viser drivhusgasemissionerne efter modregning af den producerede energi. Elektricitet anvendt på bedrifterne er produceret ved brug af naturgas og drivhusgasemissionen er 655 g CO₂-ækvivalenter pr. kWh forbrugt (Nielsen et al., 2003, SimaProdatabase). Drivhusgasemission ved forbrug af diesel i traktor er opgjort til 109 g CO₂-ækvivalenter pr. MJ diesel forbrugt.



Figur 1: Drivhusgasemission (CO₂-ækvivalenter) forbundet med produktionen på basis-, raps- og kløvergræsbedrift samt modregning af produceret overskudsenergi fra rapsolie og biogas.

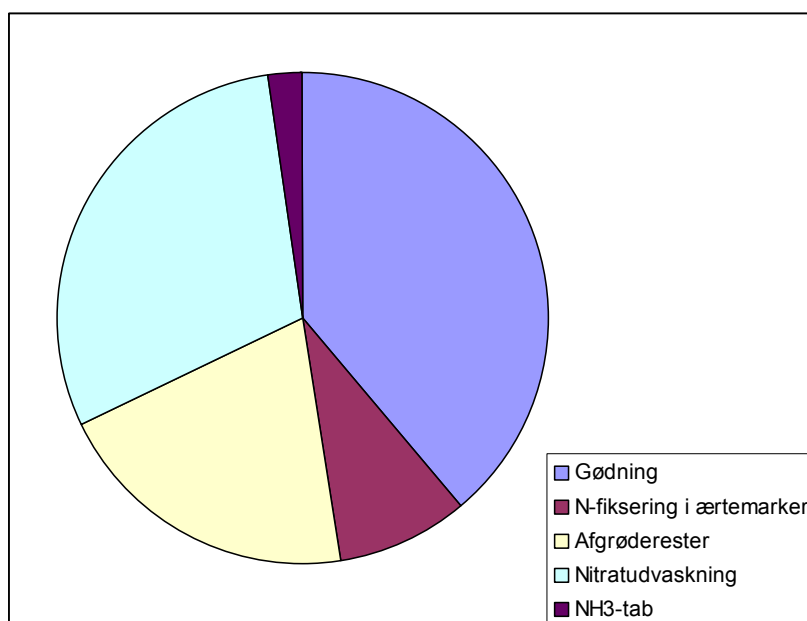
På rapsbedriften antages raspolien anvendt i stedet for diesel, hvilket formindsker emissionen af CO₂. Imidlertid mindskes den samlede emission af drivhusgasser målt i CO₂-ækvivalenter kun med ca. 10%, fordi lattergas og methan udgør forholdsvis større andele af emissionen.

På kløverbedriften modregnes den sparede drivhusgasemission fra produktionen af methan, som fortrænger el og varme, jf. kap. 3.3 (tabel 3.2). El-produktionen fra biogas er ca. 3 gange større end bedriftens el-forbrug og dertil kommer varme. Den ekstra el-produktion er indregnet i bedriftens drivhusgasemission ved at fortrænge gennemsnitlig dansk kombineret kraftvarme-produktion. De 3 ha med kløvergræs til biogas reducerer således bedriftens samlede udledning af drivhusgasser med ca. 25%. En anden måde at udtrykke det på er, at kløverbedriften bliver netto-energileverandør af 27000 kWh og 148000 MJ varme. Det fremgår at transporten af græs og afgasset gylle kun bidrager med en lille mængde CO₂ sammenlignet med den sparede CO₂ emission ved produktion af biogas.

Tabel 5 viser beregnede konsekvenser af ændringer i sædskiftet for overskud af P og tab af N. Indbygningen af N i jordpuljen forøges til 25 kg per ha per år ved udvidelse af kløvergræsarealet jf. FASSET beregningerne (se metodeafsnit), hvilket er hovedårsagen til en forventet reduktion i N-udvaskning per ha på omkring 30%. Dette medvirker igen til reduktion af N₂O udledningen, se metodeafsnit. Som vist i figur 2 udgør tilførsel af gødning samt nitratudvaskningen de største poster i beregningen af N₂O emissionen i basisbedriften.

Tabel 5. Markdelbalancer og modellerede tabsposter for kvælstof på basis bedriften og to modellerede bedrifter.

	Basis	Raps	Kløver
Markoverskud, kg N/ha	101	93	96
Ammoniaktab, kg N/ha	20	20	20
Denitrifikation, kg N/ha	18	18	18
Indbygning i jordpulje	15	15	25
Udvaskning, kg N/ha	48	40	33
Fosforoverskud, kg P/ha	27	26	27



Figur 2. Fordelingen af basis bedriftens lattergas emission.

Diskussion

Som det fremgår af tabel 2 er energiproduktionen i første omgang sammenlignet med energiforbruget på bedriften, dvs. man kan modregne egenproduktionen af energi i forbruget af fossil energi på bedriften eftersom de øvrige produktioner er holdt ens for de tre bedrifter. På rapsbedriften svarer de 10% af arealet med raps til 2/3 af dieselforbruget og presseresten (rapsskåen) kan substituere importeret kraftfoder til bedriften. Dette forekommer at være en god alternativ anvendelse af brakarealer og i god overensstemmelse med de økologiske avlsmål og værdier. Rapsolien vil muligvis kunne anvendes mere miljømæssigt rationelt som delvis erstatning for diesel andre steder i transportsektoren end lige akkurat i bedriftens egen traktor. Under en sådan antagelse kunne man lade rapsolien fortrænge diesel i en LCA for transport (fx vha. LCA redskabet Simapro). Som diskuteret af Olesen (2003) er det realistisk at dyrke 10% vinterraps i økologisk planteavl selvom den traditionelle forfrugt til Vinterraps, vinterbyg, ikke indgår i sædskiftet.

Kløvergræs bedriften producerer en væsentlig mængde energi fra de 3 ha ekstra kløvergræs. Det kunne overvejes at øge arealet yderligere eller reducere husdyrholdet, hvilket vil øge energipotentialt fra bedriften. Imidlertid anses 20% græs for rigeligt på en planteavlsbedrift til at opnå fordele mht. forfrugtsværdier og øget frugtbarhed. Det er her antaget at der sker en netto-opbygning af jordens indhold af organisk stof hvilket er medtaget i N-balancen og dermed i

emissionen af N₂O. Imidlertid er den tilsvarende oplagring af kulstof © ikke medregnet i drivhusgas beregningerne men dette vil reducere disse yderligere.

Princippet om energimodregning giver ikke mening når energiproduktionen overstiger bedriftens forbrug. Kløvergræsbedriften bliver netto-energiproducent og det er mere relevant at se på energiproduktionen som den funktionelle enhed, dvs. et egentligt output fra bedriften, der kan sammenlignes med andre former for energiproduktion. Den ”sparede” drivhusgasemission fra erstatning af fossil energi med af bio-energi modregnes i bedriftens drivhusgasregnskab. Selvom kløvergræsbedriften er nettoenergileverandør udgør CO₂ besparelsen kun ca. 30% af bedriftens samlede drivhusgasemission eftersom produktionen af N₂O er næsten uafhængig af energiproduktionen og methanproduktionen stiger (pga. antagelsen om tab fra biogasanlægget).

Der er antaget en fordeling mellem el og varme svarende til afbrænding af gassen i en el-generator, dvs. med 40% el og 40-50 % varme. Der er behov for en nærmere diskussion af hvilken marginal energiproduktion som i givet fald vil blive erstattet af biogas fra kløvergræs. Herunder om det realistiske i at tilføre eksisterende biogasanlæg kløvergræs, mht. kapacitetsudnyttelse, afstande/logistik samt overvejelser over energiprisen ved sådan et system. (dette kan evt. kobles med analyser af den regionale fordeling af de økologiske planteavlere).

På nuværende tidspunkt drives de fleste økologiske planteavlsbedrifter som basisbedriften. Dvs. de er energiforbrugende og ikke energiproducerende. Gevinsten ved at omlægge en basisbedrift til en kløverbedrift vil være 391 GJ per år, da bedriften vil gå fra et energiforbrug på 210 GJ per år til en energiproduktion på 181 GJ per år (se tabel 4). Denne energigevinst kan opskaleres lineært da basisbedriften repræsenterer 1084 økologiske planteavlsbedrifter på sandjord. Opskaleringen viser en besparelse i energi svarende til 424 TJ (=1084 bedrifter * 391 GJ pr. bedrift) på de i alt 42276 ha sandet landbrugsjord, som bliver drevet med økologisk planteavl.

Til sammenligning skal det nævnes at denne energimængde er større end energiindholdet i den totale mængde diesel som anvendes på økologiske mælkebedrifter. Energiindholdet i diesel anvendt på økologiske mælkebedrifter er estimeret til 248 TJ. Dieselforbruget på økologiske mælkebedrifter er beregnet efter Dalgaard et al. (2001) og ved brug af bedriftsregnskaber fra FØI for 1999. Imidlertid kan den producerede metan ikke direkte substituere diesel i traktorer hvorfor der er brug for et andet og mere relevant sammenligningsgrundlag.

Referencer:

Dalgaard, R., Halberg, N., Silkeborg Kristensen, I. and Larsen, I., 2003. An LC inventory based on representative and coherent farm types. Paper presented at the 4th international conference on Life cycle Assessment in the agri-food sector, Horsens, Denmark, 6-8 October. 8pp.

Dalgaard, T., Halberg, N. and Porter, J.R., 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **87(1)**: 51-65.

IPCC, 2000. IPCC Good practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 4. Agriculture. 4.1-4.83. IPCC. Available on-line: <http://www.ipcc.ch/pub/guide.htm>

IPCC, 1997. Greenhouse gas inventories. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Available on-line: <http://www.ipcc.ch/pub/guide.htm>

Kristensen, I. S., Halberg, N., Nielsen, A. H., Dalgaard, R., and Hutchings, N., 2003. N-turnover on danish mixed dairy farms, 1-21. Paper for workshop: "*Nutrient management on farm scale: how to attain European and national policy objectives in regions with intensive dairy farming?*". 23-25 June 2003, Quimper, France. Available on-line: http://www.agrsci.dk/jbs/isk/DK_country_report_partII.pdf.

Larsen, I., 2003. LCA project. Method description. Available online, 1/10 2003 at www.lcafood.dk/database.

Nielsen, P.H., Nielsen, A.M., Weidema, B.P., Dalgaard, R. and Halberg N., 2003. LCA food database. Available online, 31/8 2003 at www.lcafood.dk/database.