

TIDSSKRIFT FOR LANDØKONOMI

TEMANUMMER

LANDBRUG OG KLIMA: UDFORDRINGER OG LØSNINGER

NR. 2
DECEMBER 2022
208. ÅRGANG

Ansvarshavende redaktør

- * Seniorrådgiver Henning Otte Hansen
Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi,
Københavns Universitet

Redaktion

- * Chefkonsulent Maria Skovager Østergaard
Landbrug & Fødevarer,
Axelborg
- * Præsidiemedlem
Knud Bjerre
Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab
- * Lektor Tove Christensen
Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi,
Københavns Universitet
- * Chefkonsulent
Torben Wiborg
Velas

Oplag

- * 550 stk.

Tryk

Ecograf ApS Højbjerg

Abonnement

- * 550 kr. excl. moms pr. år
- * Medlemmer af Det Kongelige Danske
Landhusholdningsselskab modtager gratis
Tidsskrift for Landøkonomi

Løssalg

150 kr. excl. moms og forsendelse

Udgivere

- * Det Kongelige Danske
Landhusholdningsselskab
c/o Institut for Fødevare- og
Ressourceøkonomi
Københavns Universitet
Rolighedsvej 23
1958 Frederiksberg C
Mail: 1769@1769.dk
www.1769.dk
- * Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi
Københavns Universitet
Rolighedsvej 23
1958 Frederiksberg C
Tlf. 35 33 68 00
Fax. 35 33 68 01
Mail: ifro@ifro.ku.dk
www.ifro.ku.dk

Sats & layout

- * Henning Otte Hansen

Redaktionelt forord: Landbrug og klima: udfordringer og løsninger.....	68
Henning Otte Hansen, Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet	

Artikler:

Nye muligheder for landbruget med biokul og pyrolyse	73
Af Peder Nickelsen, administrerende direktør i Stiesdal SkyClean	

Metan emission fra drøvtyggere: En klimaudfordring, der kræver løsninger	81
Af Mette Olaf Nielsen, Christian F. Børsting, Martin R. Weisbjerg og Peter Lund, Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab, Aarhus Universitet	

Dansk landbrug skal blive grønnere – vi har ikke råd til andet	95
Af Morten Riget, landbrugsdirektør i Nordea	

Carbon farming – galt eller genialt svar på landbrugets grønne omstilling?	99
Af Maria Stein Knudsen, seniorkonsulent, og Sigrid Nikoline Nerlov, konsulent, Landbrug & Fødevarer	

Hvad betyder landbrugets klimareduktioner for samfundsøkonomien?	105
Af Lars Gårn Hansen, professor ved Københavns Universitet, miljøøkonomisk vismand	

Biogas giver klimafordele i både landbruget og det øvrige samfund	115
Af Bruno Sander Nielsen, faglig direktør Biogas Danmark	

REDAKTIONELT FORORD

Landbrug og klima: Udfordringer og løsninger

I dette nummer af Tidsskrift for Landøkonomi ses der nærmere på nogle af de problemer, udfordringer og løsninger, som kan relateres til landbrug og klima. Landbrug og klima er en både aktuell og kompleks problemstilling. Der er også mange dimensioner i problemstillingen:

For det første er landbruget en stor del af klimaproblemet. På globalt plan genererer landbruget i øjeblikket 20-30 pct. af de samlede drivhusgasemissioner. Det er også meget sandsynligt, at denne andel kan stige betydeligt, efterhånden som andre sektorer reducerer deres emissioner. Samtidig er der ikke oplagte eller umiddelbare teknologiske løsninger på landbrugets bidrag til klimaproblemerne. Landbrugs- og fødevareproduktion er i vid udstrækning baseret på biologiske processer og er basale nødvendighedsvarer, som vanskeligt kan substitueres eller produceres markant anderledes på kort sigt.

For det andet kan landbruget også bidrage til at løse eller i det mindste reducere klimaproblemerne. Ved at regulere den måde vi driver landbrug på samt ved at udvikle nye teknologier, kan landbrugets klimapåvirkning reduceres, men landbruget kan også bidrage yderligere til energiforsyning og lagring af CO₂. Dertil kommer, at planteproduktion indtil videre er den mest anvendte metode til at indfange og lagre CO₂. Både regulering og ny teknologi er dog til debat, idet konsekvenser og ikke mindst potentialer i de to spor næppe fuldt ud belyst - endsige accepteret eller anerkendt.

For det tredje er landbruget globalt set også påvirket af klimaforandringerne. Det vil sige, at landbruget er med til at skabe klimaforandringer, men klimaændringerne påvirker også landbruget. Klimaændringer og dertil afledte konsekvenser som tørke, brande, skadedyr og sygdomme truer allerede produktionen af fødevarer rundt om i verden. Mere ekstremt vejr og ørkenspredning er direkte og synlige påvirkninger af det globale landbrug, som isoleret set allerede bidrager til en faldende landbrugsproduktion i verden

For det fjerde kommer fødevarekrisen og de geopolitiske spændinger på banen midt i klimakrisen. En ny balance mellem fødevareforsyning og klimatilpasning er til diskussion. Problemet er, at klimatilpasning er en global udfordring på relativt lang sigt, mens fødevareforsyningen kan være meget nærværende, lokal og akut. På samme måde er natur og biodiversitet kommet højere på dagsordenen, og også her kan der være modstridende hensyn at tage højde for.

I dette temanummer af Tidsskrift for Landøkonomi vil flere af disse problemstillinger blive belyst nærmere.

Den første artikel har titlen *Nye muligheder for landbruget med biokul og pyrolyse* og er skrevet af Peder Nickelsen, administrerende direktør i Stiesdal SkyClean. I artiklen beskrives pyrolyse som en teknologi, der kan indrettes med henblik på at accelerere værdien af landbrugets restbiomasse. Ved pyrolyse kan omkring halvdelen af det kulstof, der er i biomassen, nyttiggøres i form af gasformige eller flydende brændstoffer. Den anden halvdel af kulstoffet bevarer efter pyrolyse i form af biokul, som kan udsprede på landbrugsjord.

Stiesdal SkyClean har i en årrække arbejdet på at videreudvikle og industrialisere en særlig teknologi, og målet er at skabe en kulstof-negativ klimateknologi til landbruget baseret på udnyttelse af restbiomasse. Pyrolyse indgår i Danmarks målsætninger for reduktion af drivhusgasser i 2030, hvor det er forventet, at biokul lavet ved pyrolyse af biomasse kan fjerne mindst 2 mio. ton CO₂e af landbrugets udledninger.

I den næste artikel, *Metan emission fra drøvtyggere: En klimaudfordring, der kræver løsninger* er skrevet af Mette Olaf Nielsen, Christian F. Børsting, Martin R. Weisbjerg & Peter Lund Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab, Aarhus Universitet. I artiklen redegøres for, hvorfor metan emission fra kvæg er kommet i fokus som strategi til at opnå hurtige reduktioner i landbrugets klimapåvirkning. Indledningsvist påpeges det også, at reduktion af metan emission fra kvæg ikke er en løsning på det langsigtede problem: at få nedbragt kuldioxid (CO₂) indholdet i atmosfæren.

Artiklen indeholder også en meget nyttig oversigt over nogle af de væsentligste virkemidler, der vil kunne tages i brug inden for nærmeste fremtid til at reducere metan emissionen fra drøvtyggere, samt de barrierer der eksisterer for at kunne implementere disse virkemidler her og nu. Det bliver interessant at se, om disse virkemidler kan understøtte hinanden, så den ønskede klimateffekt kan opnås samtidigt med, at husdyrproduktionen kan opfylde en uændret eller stigende global efterspørgsel efter mælk og oksekød.

Den efterfølgende artikel har titlen: *Dansk landbrug skal blive grønnere – vi har ikke råd til andet*, og er skrevet af Morten Riget, landbrugsdirektør i Nordea. I artiklen konstateres det, at landbruget i Danmark er næst efter transporterhvervet den mest CO₂-udledende sektor i landet. Nye klimakrav til bankernes udlån skubber yderligere til den nødvendige grønne omstilling af det danske landbrug, som vil tage fart de kommende år.

Nordea er i gang med at ændre sine udlån til såkaldt grønne lån. Allerede nu anmodes de største landbrugskunder om at aflevere klimaregnskaber med CO₂-data. Senest fra 2025 forventer Nordea, at ESG-rating indgår på lige fod med en regnskabsmæssig rating på alle bankens landbrugskunder.

Den næste artikel omhandler "Carbon farming", som i de senere år er blevet brugt mere og mere, når der er blevet spurgt til grøn omstilling af landbruget. Det er et begreb, der fylder meget hos både landmænd, fødevarerproducenter og ikke mindst hos politikere, når man kigger på den europæiske scene. Artiklens titel er *Carbon farming – galt eller genialt svar på landbrugets grønne omstilling?*, og er skrevet af Maria Stein Knudsen, seniorkonsulent, og Sigrid Nikoline Nerlov, konsulent, Landbrug & Fødevarer. Forfatterne understreger, at carbon farming kan ses som et samlet begreb for grønne praksisser i

landbruget. Men carbon farming kan være mange ting, og ifølge artiklens forfattere hersker der stadig stor tvivl om en præcis definition, samt hvilke veje der er at foretrække politisk, og hvad de potentielle konsekvenser er. Dette gælder både, når det kommer til opgørelsesmetoder, definition, og også finansieringskilder og muligt salg af klimakreditter.

Som svar på spørgsmålet i titlen konkluderes det, at så længe den klare definition af carbon farming udebliver, er det svært at svare konkret. For der er mange gråzoner, der skal undersøges og opklares, hvis man skal begynde at bruge carbon farming som mere end et buzzword og mere som et konkret redskab i landbrugets grønne omstilling.

Den næste artikel, *Hvad betyder landbrugets klimareduktioner for samfundsøkonomien?* er skrevet af Lars Gårn Hansen, professor ved Københavns Universitet, og også miljøøkonomisk vismand. I artiklen spørges der, hvor vigtigt det er for klimapolitikens samfundsøkonomiske omkostninger, at landbruget når målet om 55-56 % reduktion af sine udledninger. Det korte svar er, at det er afgørende for omkostningerne ved klimapolitikken, at landbruget når nogenlunde de fastlagte mål, og at de nås nogenlunde omkostningseffektivt.

I artiklen konstateres det, landbrugets bidrag vigtigt for klimapolitikken, fordi landbrugets udledninger udgør en betydelig andel af de samlede danske udledninger. Det er imidlertid mere mere afgørende, at en relativt set større andel af de samfundsøkonomisk billige reduktioner findes i landbruget.

I artiklen belyses det også, i hvilken grad lækagereduktion og bevarelse af jobs i landbruget kan opnås ved at friholde landbruget fra klimaregulering.

Den sidste artikel i dette tidsskrift er *Biogas giver klimafordele i både landbruget og det øvrige samfund*, af Bruno Sander Nielsen, faglig direktør Biogas Danmark. Her konkluderes det, at biogas allerede i 2027 vil kunne dække gasforbruget 100 procent i Danmark, såfremt de allerede politisk aftalte støtteordninger til biogasproduktion fremrykkes. Det påpeges i artiklen, at biogas har en dobbelt klimaeffekt, idet metanudledningen fra husdyrgødningen mindskes, og den opsamlede biogas kan efterfølgende substituere fossil naturgas eller diesel. Det estimeres at klimagasudledningen ved en produktion på PJ biogas i 2035 kan reduceres med netto 5,4 millioner ton CO₂-ækvivalenter, heraf en reduktion på 1,2 millioner ton i landbruget.

God læselyst.

Henning Otte Hansen
Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet

NYE MULIGHEDER FOR LANDBRUGET MED BIOKUL OG PYROLYSE

Af Peder Nickelsen, administrerende direktør i Stiesdal SkyClean

Krigen i Ukraine og den efterfølgende europæiske energiforsyningskrise har skabt et stærkt øget fokus på biomasse som en lokalt produceret energiressource til en forudsigelig pris. Danmarks mangeårige indsats for at introducere biomasse i energiforsyningen som et led i indsatsen mod klimaforandringer er med et blevet udvidet til også at handle om at øge den nationale forsyningssikkerhed.

Truslen om knaphed på energi har på kort tid resulteret i nye, langsigtede rammevilkår for udbygning af biogasanlæg. Biogas udgør imidlertid kun starten på den "restbiomasse-værdirejse", som dikteres af samfundets krav til hastig omstilling af energiforsyningen.

Efterspørgslen på lokalt produceret, klimaneutralt energiråstof betyder, at landbruget kan stå overfor en vigtig og økonomisk interessant udviklingsperiode for et biomasse-centrisk landbrug med nye indtægtsstrømme og et forøget fokus på cirkularitet.

Det er potentielt godt nyt for den enkelte landmand, men udfordringen bliver at øge mængden af tilgængelig biomasse til energi og samtidig tilgodese de øvrige nationalt prioriterede dagsordner, der fylder godt op på to-do-listen for landbruget og

dets følgeerhverv: Sikring af fødevareforsyningen, bevarelse af eksportindtægter, forvaltning af natur og miljø og sidst, men ikke mindst reduktion af sektorens udledning af drivhusgasser – alt sammen balanceret i et både nationalt og internationalt perspektiv.

En af vejene frem mod en bæredygtig, øget adgang til biomasse er en innovativ videreudnyttelse af landbrugets restprodukter.

Pyrolyse kan accelerere økonomien i et cirkulært landbrug

Pyrolyse er en teknologi, der kan indrettes med henblik på at accelerere værdien af landbrugets restbiomasse. Ved pyrolyse kan omkring halvdelen af det kulstof, der er i biomassen, nyttiggøres i form af gasformige eller flydende brændstoffer. Den anden halvdel af kulstoffet bevares efter pyrolyse i form af biokul, som kan udspreddes på landbrugsjord.

Pyrolyse er en velkendt teknologi med et begrænset procesenergiforbrug svarende til cirka 5-7% af biomassens brændværdi. Pyrolyse kan samtidig anvendes på stort set alt organisk materiale, og teknologien er derfor et attraktivt redskab i den cirkulære økonomis værktøjskasse.

I Stiesdal SkyClean har vi i en årrække arbejdet på at videreudvikle og industrialisere

en særlig pyrolyseprocesvariant udviklet af DTU. Vi kalder vores pyrolyseteknologi for SkyClean, og vi producerer industrielle anlæg med kapacitet til at behandle 40.000 tons restbiomasse årligt med et vandindhold på 10-12%.

Målet med SkyClean er at skabe en kulstof-negativ klimateknologi til landbruget baseret på udnyttelse af restbiomasse. Kulstof-negativ teknologi vil sige teknologi, som netto fjerner CO_2 fra atmosfæren, hvilket SkyClean opnår ved sin produktion af biokul til udbringning på de landbrugsarealer, hvor biomassen stammer fra.

I naturens kulstofkredsløb passerer næsten 10 procent af jordsystemets atmosfæriske CO_2 gennem jorden hvert år drevet af fotosyntese. SkyClean retter sig mod det enorme kulstoflager-potentiale, der gemmer sig i pyrolyseret restbiomasse fra landbrug og skovbrug.

Sådan virker SkyClean-pyrolyse

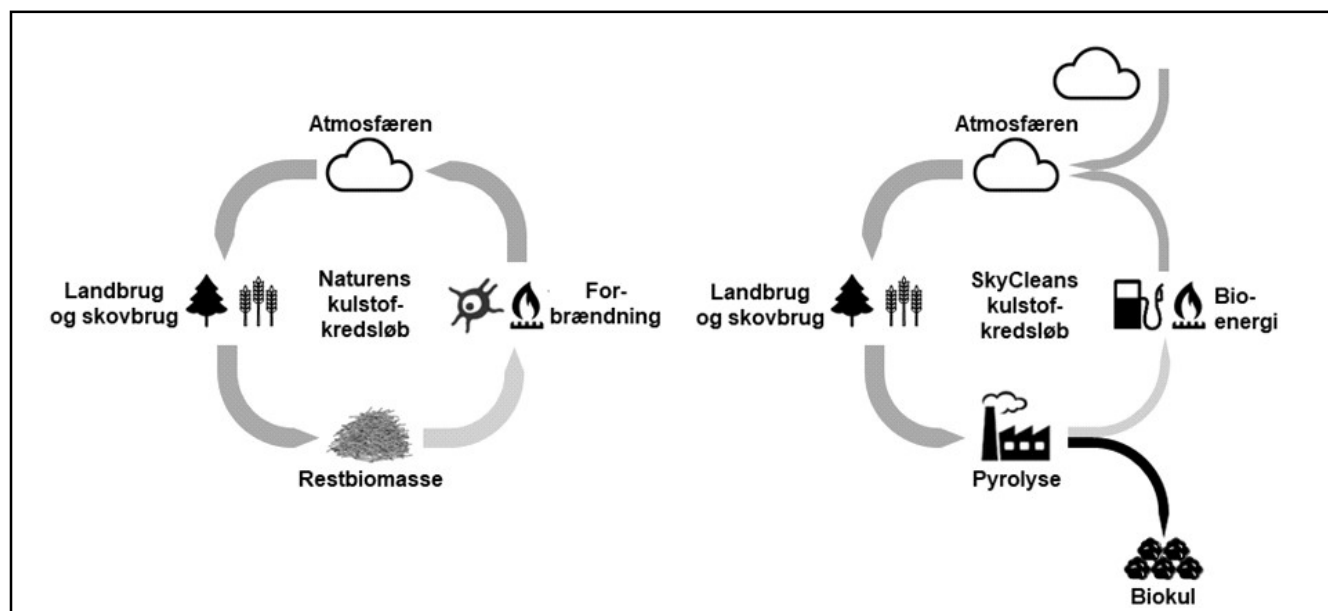
I SkyClean pyrolyseprocessen omdannes restbiomasse til biokul og gas. Det sker ved opvarmning til omkring 600°C i en særlig ovn med en iltfri atmosfære.

Tørt plantemateriale indeholder typisk ca. 50% kulstof, som planterne har hentet fra atmosfæren i form af CO_2 ved hjælp af fotosyntesen. I pyrolyseprocessen omdannes herved halvdelen af kulstoffet i affaldet til biokul, mens den anden halvdel bliver til gasformige eller flydende kulbrinter, fx olie.

Biokul er et stabilt materiale, som kun nedbrydes meget langsomt, og den halvdel af kulstoffet, der bliver til biokul, er dermed effektivt fjernet fra atmosfæren.

Gassen kan bruges som brændsel i varmesforsyningen og i industrien. En del af gassen kan kondenseres til bioolie, som kan raffineres til brændstof til transportsektoren. Både gassen og olien kan også videreforarbejdes til PtX-løsninger, f.eks. til flybrændstof.

Alle typer biologisk affald kan bruges i SkyClean-processen. Råvarerne kan være halm, dybstrøelse, gylle, restfibre fra biogas-anlæg, pressekager fra produktion af græsprotein og enhver anden type organisk affald fra landbruget. De kan også være træflis fra skovbruget, græs og andet have-



affald, og rester fra industriel produktion på mejerier m.v.

Våd biomasse som fx biogasrestfibre skal forud for behandling i SkyClean tørres til et vandindhold på 10-12%. Af praktiske grunde, for at lette håndteringen, skal råvarerne også pelleteres, dvs. omdannes til piller på størrelse med ærter, før de bliver pyrolyseret.

SkyClean-pyrolyse har således to hovedværdistrømme med hver sin markedsværdi og klimaeffekt:

- * Biokul til markspredning med kulstofnegativ klimaeffekt (CO_2 tages ud af kulstofkredsløbet og fjernes fra atmosfæren).
- * Pyrolysegas og andre energiprodukter med kulstofneutral klimaeffekt (grønne brændstoffer som kan erstatte fossile brændstoffer).

Biokul er nøglen

Biokul har været kendt og brugt som jordforbedringsmiddel meget længe. Den tidligste kendte anvendelse foregik for 2500 år siden, hvor sydamerikanske kulturer brugte biokul til at forbedre dyrkningsjord. Det foregik ved at sætte ild til madrester og landbrugsaffald i dybe grave, som efter antænding blev dækket med jord. Kullene fra afbrændingen blev tilbageholdt i jorden og virkede som jordforbedringsmiddel.

I moderne tid har biokul været populært som jordforbedringsmiddel i diverse nichekredse på grund af en række positive egenskaber. Det er kendt, at biokul kan forbedre dræningen i lerjord og tilbageholde vand i sandjord. Desuden forbedrer biokul kulstof-

indholdet i udpint jord, og det reducerer udvaskning af kvælstof.

Næringsstoffer fra den anvendte biomasse bevares i biokullet og frigives til jorden. For eksempel er biokul fra biogasrestfibre fosforholdigt og vil kunne bruges til at udjævne de store regionale forskelle i fosfortilførslen til landbrugsjorden mellem Vest- og Østdanmark, der skyldes det langt mere intensive dyrehold i Vest- end i Østdanmark.

Den høje temperatur i pyrolyseprocessen medfører flere andre fordele ved behandling af restbiomasse fra landbruget. Eventuelle rester af skadelige organismer i gylle og biogasrestfibre dræbes, og rester af pesticider, antibiotika, mikroplast m.v. nedbrydes til uvirksomme bestanddele.

Erfaringerne er således positive, men det hører med til billedet, at der mangler dokumenteret viden om storskalabrug af biokul. Desuden kan betegnelsen biokul dække over vidt forskellige produkter med vidt forskellige egenskaber. Afhængig af råmateriale og produktionsmetode kan kvaliteten svinge, og biokullet kan indeholde miljøfremmede stoffer. Ved kvalitet forstås i denne sammenhæng miljø sikkerhed og kulstofstabilitet.

For SkyCleans vedkommende hviler realiseringen af klimaeffekten, og dermed teknologiens helhedsøkonomi, på kvaliteten af biokullet. Hvor SkyCleans energiprodukt, pyrolysegassen og eventuelle opgraderede brændstoftyper, nok skal klare sig på energimarkedet, stilles der en række uomgængelige krav til biokullets kvalitet, før det kan indgå i landbrugets cirkulære biomasse-kredsløb:

- * Grænseværdier for alle miljøfremmende stoffer skal overholdes og dokumenteres
- * Biokullet skal være praktisk at håndtere og velegnet til udspredning
- * Biokullet skal have en beskaffenhed, som giver stabil kulstoflagring i jorden

Nødvendigt med certificering

De anvendte biomasser i pyrolyseprocessen er en væsentlig faktor i slutkvaliteten på biokul. Slam og husholdningsaffald kan fx indeholde tungmetaller, dioxin og PFAS, og det er en af årsagerne til, at SkyClean-pyrolyse har fokus på restbiomasse fra landbruget, som allerede udbringes som gødning og indtil videre ikke bruger andre tilgængelige typer restbiomasse.

En generel udfordring ved pyrolyse er, at processen med de høje temperaturer kan resultere i dannelsen af tjærestoffer

(PAH'er) i biokullet. Derfor er der indført grænseværdier i standarder for biokul. Udviklingsarbejdet med SkyCleans termiske konverteringsproces har i efteråret 2022 resulteret i tjærestofniveauer, der ikke længere kan detekteres i Eurofins akkrediterede laboratorie og som derfor i praksis er tjærefri. Målingerne er et led i en certificeringsproces under standarden ECB, European Biochar Certificate.

EBC er en europæisk standard, som indtil videre er baseret på frivillig deltagelse. Certificeringen læner sig op ad europæiske, nationale standarder for grænseværdier. I forhold til tungmetaller og giftstoffer som dioxin og dioxinlignende PCB'ere lever SkyClean op til kravene i standardens strengeste kategori.

EU har siden den 16. juli 2022 anerkendt biokul lavet på planterester som jordfor-



En anden afgørende kvalitetsfaktor er muligheden for udbringning af biokul på markerne. SEGES har gennemført forsøg med SkyClean-biokul, som viser spredbarhed op til 24 meter med variationsefficient på 6%. Indledningsvis støvgener er løst via øget opfugtning og forbedret pillestyrke.



I de kommende år vil vi få mere viden på dette felt, efterhånden som forskere øger den tilgængelige viden om de faktorer, som er bestemmende for biokullets omsættelighed. Den nuværende vurdering af biokullets forventede lagringstid er tilstrækkelig til at give biokullet værdi som kulstoflager i form af CO₂-certifikater eller klimakreditter, der for biokul for tiden har en værdi på omkring 1.000 kr./ton CO₂.

bedringsmiddel, og netop nu er en udvidelse af gødningsforordningen i høring, der yderligere anerkender biokul lavet ved pyrolyse af husdyrgødning og digestat fra biogasanlæg som gødningsprodukt. Også indenfor det økologisk jordbrug finder biokul anvendelse. Biokul fra SkyClean-processen opfylder også her EBC kravene.

Biokul som kulstoflager

Konkret forventes mindst 85% af det biokul fra SkyClean, som lagres i danske marker, fortsat at være bevaret efter 100 år. Der er grund til at tro, at kvalitetsbiokul vil forblive i jorden i langt længere tid, da kulstoffet mikroorganismer kun meget vanskeligt evner at omsætte det. Det ser man f.eks. ved fund af bålrester fra stenalder-

bopladser, hvor trækul fra sidste bål er det eneste, som er tilbage efter flere tusind år.

Sammenfattende er det således opfyldelsen af alle de nævnte kvalitetsparametre for biokul, som muliggør en attraktiv pyrolyseøkonomi omkring den cirkulære udnyttelse af kulstoffet i landbrugets restbiomasser. En økonomi som hviler dels på indtægten fra pyrolyseprocessens energiprodukter, og dels på indtægten fra kulstoflagring i markerne.

Den enkelte landmand kan efter al sandsynlighed imødesee en form for afgift på CO₂-udledning, og her kan deltagelse i et pyrolyse-projekt åbne for nye indtjeningsmuligheder, som giver mulighed for at op-



2 MW test-anlægget, som ses her på billedet, kan behandle omkring 5000 tons pelleteret biomasse om året.

veje en afgift på udledt CO₂ med indtægter fra lagring af CO₂. Om indtægterne fra CO₂-lagring skal komme fra salg af klimakreditter på det ikke-regulerede marked eller i form af en statsfinansieret CO₂-lagringspræmie – eller noget helt tredje – må den nære fremtids politiske forhandlinger vise.

Status på udviklingen af SkyClean pyrolyseanlæg

Stiesdal SkyClean råder i øjeblikket over to testanlæg, et anlæg med en kapacitet på 200 kW, og et ti gange større anlæg med en kapacitet på 2 MW. Kapaciteten referer til brændværdien af den biomasse, anlægget behandler.

I foråret 2023 idriftsættes et 20 MW-anlæg, som opføres i forbindelse med biogas-anlægget BB Bioenergi ved Vrå. Anlægget er under opførsel og vil årligt kunne behandle op til 40.000 tons tørrede restfibre fra biogasproduktionen.

Stiesdal SkyClean har sammen med en række projektpartnere modtaget en bevilning på 124 millioner kroner fra Pyrolysepuljen 2022 til opførelse af anlægget i Vrå og til relateret forskning og udvikling. Puljens midler administreres af Energi styrelsen og er finansieret af Den Europæiske Union under NextGenerationEU-initiativet.

Et anlæg med en kapacitet på 20 MW forventes at blive standardstørrelsen på SkyClean-anlæg.

Nøgletal for et 20 MW SkyClean-anlæg med halm som råvare

Anlægget vil kunne behandle op til 40.000 tons halm om året og producere 10.500 tons biokul. Omregnet til CO₂ opsamlet fra atmosfæren svarer det til omkring 28.000 tons CO₂e.

Anlægget vil generere knap 10 MW pyrolysegas. Hvis gassen kondenseres, vil der alternativt kunne produceres 4.300

tons bioolie og 5 MW pyrolysegas. Den samlede klimaeffekt vil være 45.000 tons CO₂ om året.

Etablering af et anlæg beregnet til behandling af biomasse, som ikke behøver tørring, vil anslået koste omkring 150 millioner kr.

Stiesdal SkyClean har beregnet, at økonomien omkring etablering af et sådant anlæg vil være bæredygtig med priser på restbiomasse på mellem 550-850 kroner pr. ton. Dette hviler på en forudsætning, hvor indtægten fra lagret CO₂ er 750 kroner pr. ton CO₂, og værdien af pyrolysegassen er sat til mellem 350-500 kroner pr. MWh.

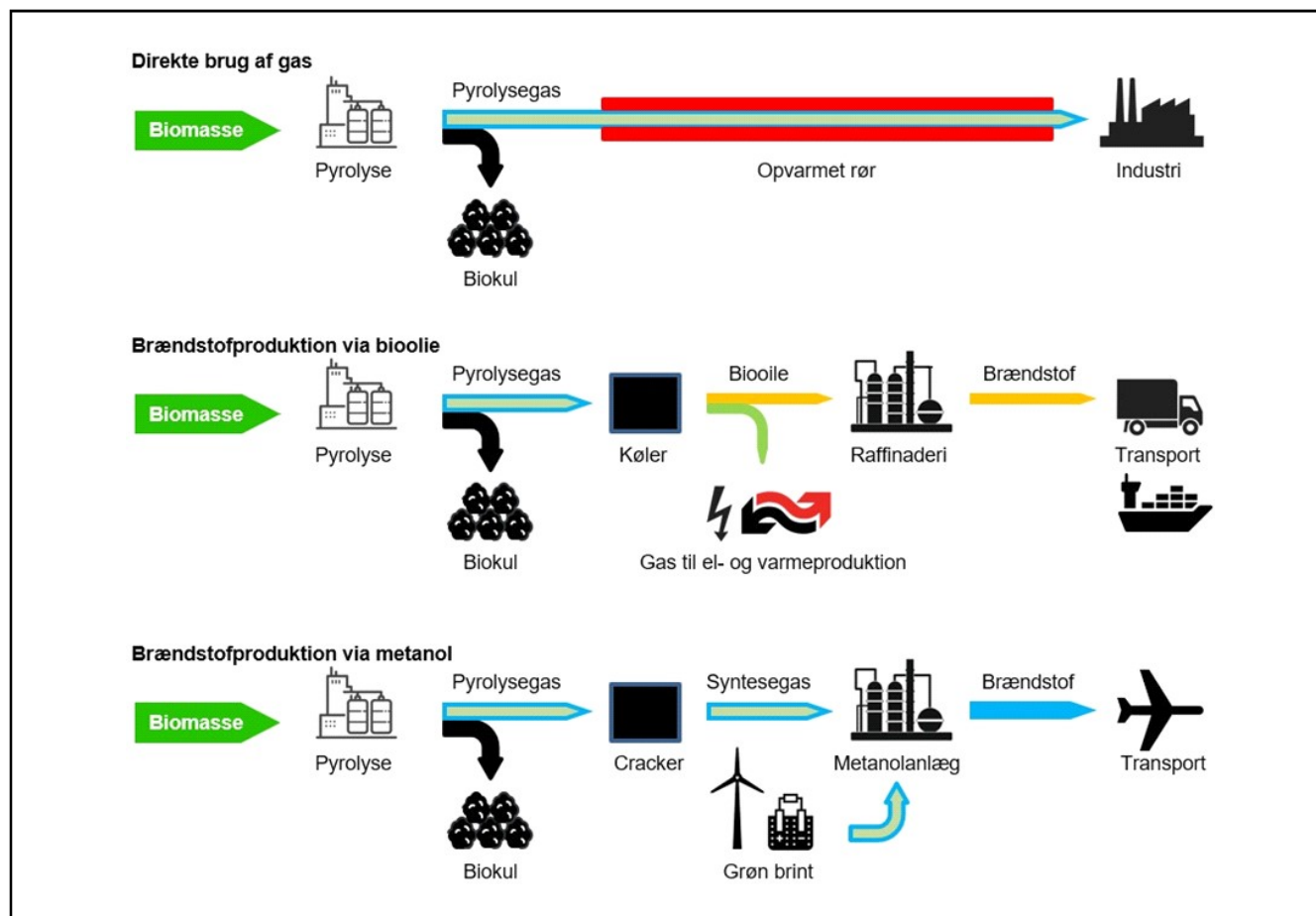
Et anlæg i 20 MW-størrelsen vil have et fysisk pladsbehov på 2.000 kvadratmeter til bygninger. Der vil ikke være nævneværdige støj eller lugtgener fra et SkyClean-

anlæg. Det burde gøre processen omkring miljøtilladelse enklere for en sammenslutning af bedrifter med adgang til tilstrækkelig restbiomasse.

SkyCleans energiproduktion

Herunder ses en oversigt over brændstoftyper og opgraderingsmuligheder:

Pyrolysegassen kommer ud af processen ved en temperatur på ca. 400 °C. Den består af mange forskellige kulbrinter, lige fra små molekyler som metan, der er hovedbestanddelen i biogas og naturgas, til lange kulstofkæder, der bliver til tjære, når gassen køles ned. Ud over kulbrinterne indeholder gassen også vanddamp, brint og kulilte, der væsentlige bestanddele i gamle dages bygas.



Gassen kan anvendes på flere forskellige måder.

Direkte brug af gas: Den simpleste anvendelse er til erstatning af naturgas i opvarmning og i industrielle processer. Her skal SkyClean-anlægget være placeret tæt på forbrugsstedet. For at undgå, at tjæreindholdet i gassen sætter sig på indersiden af gasrøret, skal det være opvarmet til en temperatur, der er lidt højere end de ca. 400 °C, som er gassens temperatur efter processen. Man kan også bruge gassen til at opvarme en kedel og derefter få energien ud som damp, der anvendes i lang række industrielle processer.

Brændstofproduktion via bioolie: I stedet for at holde gassen varm og bruge den til opvarmning, kan den køles ned. Så fortættes de lange kulstofkæder til en tyk, tjæreholdig bioolie. Denne bioolie kan benyttes direkte som substitut for Heavy Fuel Olie i industrielle brændere og maritime motorer, eller efterbehandles i et raffinaderi og blive til forskellige typer brændstof. Resten af gassen, som nu er rensat for tjære, kan bruges til opvarmning eller til elproduktion. Med denne fremgangsmåde kan op mod halvdelen af gassen blive til flydende brændstoffer.

Brændstofproduktion via metanol: En tredje metode til efterbehandling af gassen starter med, at gassen opvarmes til ca. 1000 °C i en såkaldt "cracker". Derved splittes de lange kulstofkæder i mindre stykker, og resultatet er en syntesegas. Ved at tilføje ekstra brint til blandingen kan man bl.a. fremstille metanol, der igen kan anvendes til en lang række formål, bl.a. fremstilling af flybrændstof og plast. Den eks-

tra brint kan fremstilles ved brug af grøn strøm fra sol og vind og på den måde virke som energilager.

Det store energipotential i restbiomasse
Foreløbig er fokus på varmeproduktion på de eksisterende SkyClean-anlæg, men der forskes og udvikles i en række opgraderingsmuligheder fra pyrolysegas til de mere avancerede og dermed mere værdifulde brændstoftyper, herunder PtX-brændstoffer.

Det er rimeligt at antage, at forædlede CO₂-neutrale brændstoftyper vil kunne øge indtjeningsmulighederne omkring pyrolyse af restbiomasse, og dermed accelerere restbiomassens værdirejse yderligere.

Som et eksempel på potentiallet: Hvis al indenrigsflyvning i Danmark skulle foregå med grønt flybrændstof fra pyrolyse af restbiomasse, ville det kunne produceres med metanolproduktionen fra 7 SkyClean-anlæg. Der bruges årligt 30 mio. liter flybrændstof til indenrigsflyvning i Danmark, og det ville kunne produceres fra 280.000 tons halm, hvilket svarer til halm fra ca. 3,6% af Danmarks landbrugsjord.

Pyrolyse indgår i Danmarks målsætninger for reduktion af drivhusgasser i 2030, hvor det er forventet, at biokul lavet ved pyrolyse af biomasse kan fjerne mindst 2 mio. ton CO₂e af landbrugets udledninger.

METAN EMISSION FRA DRØVTYGGERE: EN KLIMAUDFORDRING, DER KRÆVER LØSNINGER

*Mette Olaf Nielsen, Christian F. Børsting, Martin R. Weisbjerg og Peter Lund
Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab, Aarhus Universitet*

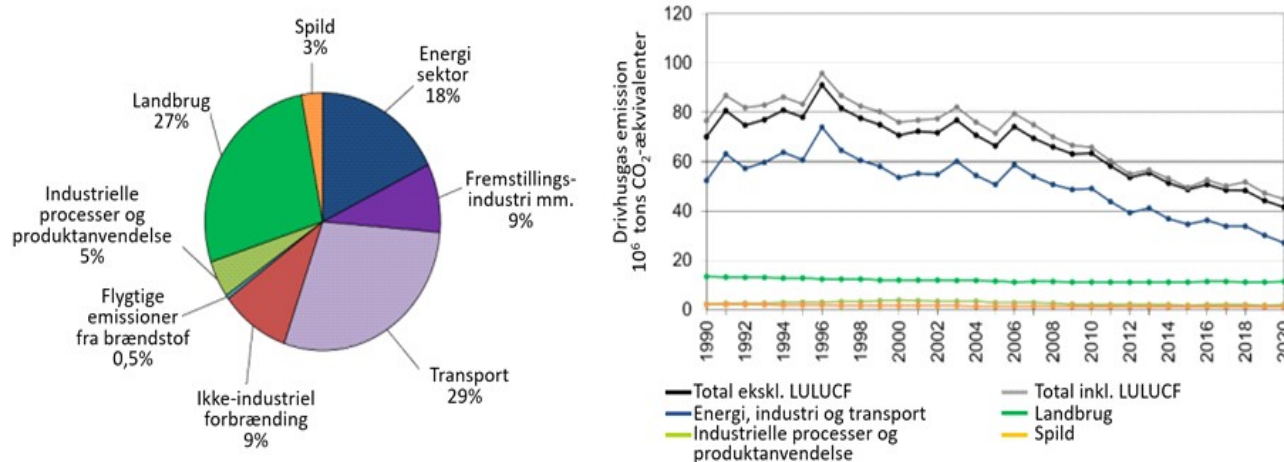
Danmark vedtog i 2021 en klimalov (LBK nr 2580 af 13.12.2021), der forpligter os til at reducere de nationale emissioner af drivhusgasser med 70% i 2030 i forhold til niveauet i 1990, og Danmark skal være klimaneutralt senest i 2050. Siden 1990 er emissioner i Danmark faldet med 42,5%, som hovedsageligt kan tilskrives andre sektorer end landbruget, som det fremgår af Figur 1 (Nielsen et al., 2022).

I denne artikel vil vi indledningsvis redegøre for, hvorfor metan emission fra kvæg er kommet i fokus som strategi til at opnå

hurtige reduktioner i landbrugets klimapåvirkning, men samtidig påpege hvorfor reduktion af metan emission fra kvæg ikke er en løsning på det langsigtede problem: at få nedbragt kuldioxid (CO_2) indholdet i atmosfæren.

Derefter vil vi give en oversigt over nogle af de væsentligste virkemidler, der vil kunne tages i brug inden for nærmeste fremtid til at reducere metan emissionen fra drøvtyggere, samt de barrierer der eksisterer for at kunne implementere disse virkemidler her og nu.

Figur 1: Drivhusgas emission i Danmark i 2020 målt i CO_2 -ækvivalenter og fordelt på sektorer (eksklusive bidrag fra LULUCF¹ og indirekte CO_2) samt tidsmæssig udvikling fra 1990-2020 (Nielsen et al., 2022)



¹ LULUCF: Land Use, Land-Use change and Forestry

Bidraget metan emission fra kvæg til global opvarmning og ophobning af CO₂ i atmosfæren?

Til den første del af spørgsmålet er svaret **JA**, og til den anden del af spørgsmålet er svaret **NEJ**, som vi vil redegøre for i det følgende.

Ifølge de nationale opgørelser over emissioner (Nielsen et al., 2022) bidrog landbruget i 2020 med 27,1% af de nationale drivhusgasemissioner målt i CO₂-ækvivalenter (excl. LULUCF og indirekte CO₂), og for drivhusgassen metans vedkommende var

bidraget til de nationale emissioner i 2018 på 82% (Albrechtsen et al., 2021).

Metan fra landbruget stammer fra to hovedkilder: kvægs fordøjelse og husdyrgødning fra den samlede animalske produktion.

Enterisk metan fra kvæg er den største enkeltkilde til drivhusgas emission fra landbruget og udgjorde, som vist i tabel 1, 29,9% af landbrugets samlede drivhusgas emissioner målt i CO₂ ækvivalenter, hvilket

Tabel 1: Landbrugets andel af samlede drivhusgasudledninger i Danmark (opgjort som CO₂-ækvivalenter hvis ikke andet er angivet) over en 100-årig tidshorisont, samt bidraget fra enterisk metan fra drøvtyggere til landbrugets og samlede nationale emissioner (data fra Albrechtsen et al., 2018; Nielsen et al., 2022)

	Andel (%)	Opgjort år:
Landbrugets andel af nationale drivhusgasemissioner		
For alle drivhusgasser	27,1	2020
For metan (kilotons)	82,0	2020
Metans andel af samlede nationale emission	12,6	2018
Metans andel af landbrugets drivhusgasemission	54,3	2018
Heraf andel fra enterisk metans andel*	54,9	2018
Enterisk metans bidrag til:		
Landbrugets samlede drivhusgas emission	12,9	2018
Samlede nationale drivhusgas emission	6,9	2018

**Øvrige del fra husdyrgødning fra den samlede animalske produktion*

svarede til 6,9% af de samlede nationale drivhusgasemissioner i 2018.

Hos kvæg dannes drivhusgassen metan af en særlig type mikroorganismer, arkæer, i formaverne og til dels i bagtarmen under forgæring af det foder, dyrene har indtaget. En højtydende malkeko kan producere op til 700 liter metan dagligt. Denne metan (kaldet enterisk metan) repræsenterer et energitab for dyret, idet det energiholdige metan opræbes og udledes til atmosfæren.

Som vist i tabel 2, har enterisk (ikke-fossilt) metan over en 100-årig periode efter emission et 27 gange højere globalt opvarmningspotentiale end CO_2 , men metan har en kort levetid i atmosfæren på kun 11,8 år i forhold til hundredvis af år for CO_2 . IPCC angiver ikke en specifik levetid for CO_2 længere, da den kan være meget variabel afhængig af, hvorfra emitteret CO_2 stammer. Det nævnes dog, at 20-40% af en bolus emission af CO_2 vil kunne genfindes i atmosfæren efter 500 år (Forster et al., 2021).

Den korte levetid for metan betød, at man i International Panel for Climate Change (IPCC) i starten ikke tillagde metan emis-

sion den store betydning, men nu opgøres det globale opvarmningspotentiale for alle drivhusgasser over både en 20-årig, 100-årig og 500-årig tidshorisont.

Ser man på den det globale opvarmningspotentiale over en 20-årig fremfor 100-årig tidshorisont, som nok er mere retvisende i metans tilfælde, så bliver metan omkring 80 gange mere potent end CO_2 . I de senere år er der derfor kommet et stigende fokus på drøvtyggers bidrag til global opvarmning og ikke mindst de muligheder, der ligger for at modvirke klimaforandringer på den korte bane via reduktion af metan emission fra drøvtyggere.

Det bør bemærkes, at når metan nedbrydes i atmosfæren, omdannes det til CO_2 . Metan emission fra køer bidrager imidlertid ikke til akkumulering af CO_2 i atmosfæren over tid, i modsætning til bidrag fra fossile brændstoffer, fordi den mængde CO_2 , der dannes fra metan, ikke kan være større end den mængde CO_2 , der blev fikseret fra atmosfæren af de planter, som koen har ædt.

Hvis man forestillede sig, at antallet af drøvtyggere og deres produktionsniveau var konstant over tid, ville der indstille sig en

Tabel 2: Gennemsnitlig levetid i atmosfæren for væsentlige drivhusgasser samt det globale opvarmningspotentiale (GWP) over en periode på 20 eller 100 år opgjort som CO_2 -ækvivalenter (Forster et al., 2021)

Drivhusgas	Levetid (år)	GWP-20	GWP-100
Kuldioxid (CO_2)	Kildeafhængig Hundredvis	1	1
Metan (CH_4)	11.8	82.5 (fossilt) 79.7 (ikke-fossilt)	29.8 (fossilt) 27.0 (ikke-fossilt)
Lattergas (N_2O)	109	273	130

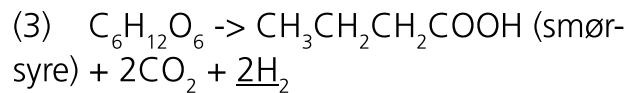
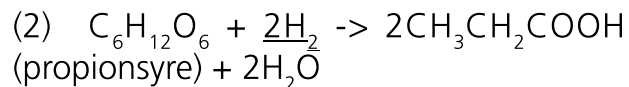
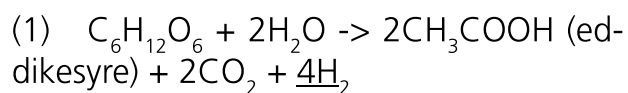
ligevægt mellem emissionen af metan til atmosfæren og den samtidige nedbrydning til CO₂, hvorved drøvtyggere hverken ville kunne bidrage til stigninger i koncentrationen af disse drivhusgasser i atmosfæren eller yderligere global opvarmning.

Bidrag fra kvæg- og anden drøvtygger-produktion til øget global opvarmning på nuværende tidspunkt er derfor alene en konsekvens af flere dyr eller et højere produktionsniveau. Det er dog samtidig klart, at en eventuel reduktion i antallet af især kvæg vil have en positiv effekt på global opvarmning.

Hvorfor producerer drøvtyggere (ikke) metan?

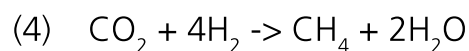
Kvæg og andre drøvtyggere lever i et symbiotisk forhold med og er afhængige af mikroorganismer specielt i deres formaver for at kunne omsætte og udnytte foderet. Den største af disse formaver, vommen, fungerer således som en bioreaktor, hvor mikroorganismene nedbryder letomsætteligt stivelse og sukker samt svært tilgængelige, strukturelle kulhydrater (fibre) (ufordøjelige for os mennesker) til mindre sukkerenheder som glukose, der efterfølgende forgæres til organiske syrer – især eddikesyre, propion-syre og smørsyre. Disse kortkædede fedtsyrer optages over vomvæggen og indgår i dyrets stofskifte.

Ved forgæringsprocesserne dannes der også CO₂ og brint (H₂). Med udgangspunkt i sukkerenheden glukose (C₆H₁₂O₆), kan følgende forgæringsligninger opstilles:



Som det ses, er forgæring til propionsyre forbundet med et netto forbrug af brint, mens der ved forgæring til eddikesyre og smørsyre dannes både CO₂ og H₂. Foderationens sammensætning har stor betydning for det indbyrdes forhold mellem disse 3 forgæringsveje, da de involverer forskellige typer af bakterier med forskellig substratpræference. Således vil fiberrige rationer fremme især proces (1), stivelse favorisere proces (2) og sukker proces (3).

Fedtsyrer kan ikke forgæres af vommens mikroorganismer, hvilket betyder, at når fedtandelen i foderet øges, vil en mindre andel af foderet føre til dannelse af brint. Hvis den dannede brint ophobes i vommen, kan den pga. termodynamiske forhold hæmme visse forgæringsprocesser og dermed dyrets foderudnyttelse. Nogle bakterielignende mikroorganismer, de metandannende arkæer eller blot metanogener, kan imidlertid omdanne kuldioxid og brint til metan (CH₄) ved følgende proces, hvor tilstedeværelsen af brint er den hastighedsbegrænsende faktor:



Det er dermed ikke drøvtyggeren selv, men denne særlige type bakterielignende mikroorganismer der er ansvarlige for at danne metan. I modsætning til brint, påvirker den dannede metan ikke processerne i vommen. Men den kan heller ikke omsættes, og afgår derfor gennem munden via opræbning eller udånding, mens en min-

dre del af det metan, der dannes ved for-
gæring i blind- og tyktarm, udskilles via
anus.

Emissionen af metan repræsenterer natur-
ligvis et energitab for dyret, som for mal-
kekøer er i størrelsesordenen 6-6.5% på
typiske danske diæter (Albrektsen et al.,
2021), men omvendt har den succesfulde
symbiose, der er udviklet mellem køer (og
andre drøvtyggere) og deres mikroorganis-
mer i formaverne igennem evolutionen,
været til gavn for dyret i forhold til at kunne
udnytte svært nedbrydelige kulhydrater,
som er stort set ufordøjelige for de fleste
enmavede dyrearter inklusive mennesker.

Kan den enteriske metan emission re- duceres?

Bidraget til metan emission fra kvæg-
sektoren kan naturligvis reduceres ved at
reducere antallet af dyr eller fodre kvæg
på et lavere foderniveau. Ingen af disse stra-
tegier vil reducere klimaaftrykket per kg
produceret mælk eller kød; det kræver en
reduktion af metan emission fra det enkelte
dyr uden en tilsvarende reduktion i dets
foderindtag og produktion. I det følgende
ses der på muligheder for at opnå dette.

Foderrationens sammensætning

Ved en målsætning om at sænke det sam-
lede klimaaftryk fra mælke- eller kødpro-
duktionen gennem en ændret fodring er
det vigtigt ikke kun at reducere den
enteriske metanproduktion, men også at
tage hensyn til klimaaftrykket ved produk-
tionen af de fodermidler, der indgår i foder-
rationen, således at man ikke taber på
gyngerne, hvad man har vundet på
karrusellerne.

De strategier, der nævnes i det følgende
som ombytning af grovfoderemner, forbed-
ring af grovfoderets fordøjelighed via plan-
teavl og optimeret dyrkning samt tilsætning
af fedt til foderet, er strategier til reduk-
tion af metan, der vil kunne anvendes i så-
vel konventionelle som økologiske bedrif-
ter.

Fedt: Fedtsyrer kan som nævnt ikke for-
gæres af vommens mikroorganismer, og
ombytning af fermenterbart organisk stof
som f.eks. stivelse eller fiber med fedt vil
derfor direkte reducere produktionen af
enterisk metan.

Samtidig har fedt en inhiberende effekt på
særligt de fibernedbrydende og metan-
producerende mikroorganismer i vommen.
Da fermentering af fibre hovedsageligt er
koblet til produktion af eddikesyre, vil
denne hæmning medføre et fald i produk-
tionen af brint og kuldioxid, og dermed
leveres mindre substrat for metanogener-
ne, jvf. overstående reaktionsligninger.

På tværs af en række forsøg er det bereg-
net, at 20 g ekstra fedtsyrer per kg foder-
tørstof i diæter til malkekøer kan reducere
produktionen af enterisk metan med ca.
8% (Børsting et al., 2020; Niu et al., 2018).
Om dette fedtniveau er økonomisk opti-
malt, afhænger af forholdet mellem prisen
for tilskudsfedt, mælk og i fremtiden også
en eventuel afgift på emission af klima-
gasser.

I Danmark anvendes bl.a. palmefedt og
danskavlede rapskager som fedtkilder.
Klimaaftrykket af palmefedt er ca. det tre-
dobbelte af rapskager, hvis klimaeffekten
af regnskovsrydningen regnes ind. Ved

brug af importeret palmefedt i stedet for danskavlede rapskager vil den danske emission blive reduceret, fordi klimabelastning henregnes til det land, hvor produktionen foregår, og ikke i det land hvor produkterne anvendes ifølge de internationale konventioner.

Derimod vil den globale emission kun blive reduceret lidt eller evt. være uforandret, da reduktionen i produktionen af enterisk metan helt eller delvist modsvares af øgede emissioner ved dyrkning af palmefedt.

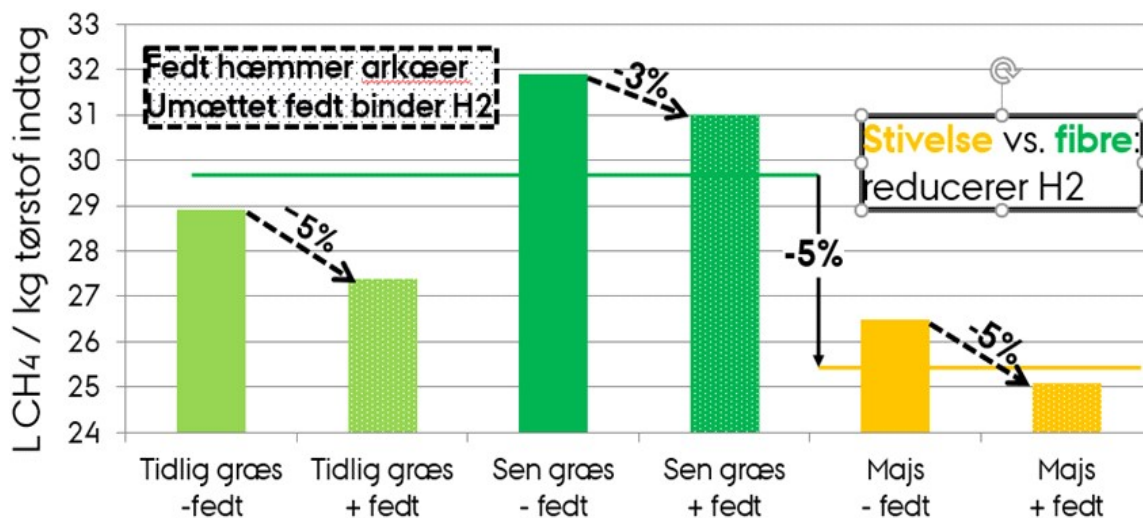
Grovfodertype: Fibre i foderrationen fremmer metan produktionen ved at give anledning til en øget brint produktion, som nævnt ovenfor. Hvis græs høstes på et tidligt udviklingstrin og med et lavere indhold af fibre, så falder produktionen af enterisk metan per kg fodertørstof. Hvis græsensilage, som indeholder meget fiber, erstattes af majsensilage, som indeholder meget stivelse, så sker der en forskydning i

forgæringsprocesserne i vommen, således at der produceres forholdsvis mere propionsyre og mindre eddikesyre, og dermed er der også mindre brint til rådighed for metanogenerne. Reduktioner i metan emission i størrelsesordenen 5% er mulige at opnå ad denne vej (Figur 2).

Effekter på metan emission af ændring af grovfodertype (ca. 5%, når det antages at der i en besætning både vil anvendes tidligt og sent høstet græs) og tilsætning af foderfedt (ca. 5%) ser ud til at være additive, som vist i Figur 2.

Inddrages der hensyn til, at klimaaftrykket er lavere ved dyrkning af græs end majs, så vil forskellene i det samlede klimaaftryk ved fodring med majs- fremfor græsensilage imidlertid minimeres. Når majsensilage andelen af grovfoder i en ration med 70% grovfoder blev øget fra 0% til 33%, 67% og 100% på bekostning af græsensilage, blev den enteriske metan

Figur 2: Ændringer i foderrationens sammensætning i form af slættidspunkt for græs, skift fra græs- til majsensilage og tilsætning af foderfedt kan reducere metan emission med omkring 10% uden nedgang i mælkeydelse (fra Brask et al., 2013)



emission reduceret lineært, så emissionen ved 100% majsensilage var 15% lavere end ved 100% græsensilage.

Klimabelastningen ved produktion af den samlede ration med 100% af grovfoder fra majs fremfor græs var 10% højere grundet græssets overlegne evne til at aflejre kulstof i jorden, og totalt blev det samlede klimaaftryk ved en majsensilage ration dermed kun 4% lavere end på en græsensilage baseret ration (Børsting et al., 2022). Det samlede klimaaftryk vil dog være meget afhængigt af udbytteforholdet ved dyrkning af græs eller majs.

Forholdet mellem grovfoder og kraftfoder:

En udskiftning af fiberrigt grovfoder med kraftfoder vil medføre, at produktionen af enterisk metan reduceres (Olijhoek et al., 2022). Dette skyldes, at kraftfoder typisk indeholder mere fedt og stivelse end grovfoderet, hvorved forgærmingsmønsteret i vommen ændres mod en højere andel propionsyre og en mindre andel eddikesyre, hvilket jvf. ovenstående ligninger, reducerer produktionen af brint, som ellers ville indgå i dannelsen af metan.

For at drøvtyggere kan opretholde deres normale drøvtygningsfunktion og et sundt vommiljø, er en vis andel af fibre i rationen dog nødvendig, og der er derfor grænser for, hvor stor en andel kraftfoderet kan udgøre af den samlede ration uden negative konsekvenser for dyrenes sundhed og produktion.

I en ny rapport over klimavirkemidler (Andersen et al., 2022) er det foreslået, at andelen af kraftfoder i fodertørstof til malke-

køer vil kunne øges fra de ca. 40%, der som gennemsnit anvendes i praksis i dag til 50% uden negative effekter på produktion eller sundhed. Det blev estimeret, at en sådan ændring kan reducere enterisk metan med 10% hos Holstein og 5% ved Jersey køer. Ligesom ved omskiftning af majs- og græsensilage vil denne reduktion dog eventuelt blive udjævnet afhængig af, hvilke grovfoder- og kraftfodermidler der byttes om.

Foderadditiver

Der findes på nuværende tidspunkt nogle få foderadditiver på markedet, som er tilladte at bruge i EU men kun i konventionelle besætninger. Disse additiver kan hæmme metan emission fra drøvtyggere enten direkte ved at hæmme de metanogene arkæer eller indirekte ved at binde brint, så der er mindre brint tilgængeligt for metan syntesen. Derudover er nogle nye additiver under udvikling.

3-Nitrooxypropanol (3-NOP):

Dette er et ikke-naturligt forekommende stof udviklet af det hollandske firma, DSM. Stoffet har vist sig effektivt til at reducere produktionen af enterisk metan per kg produceret energikorrigeret mælk med omkring 29-38% hos malkekøer under danske forhold, hvor det laveste reduktionspotentiale ses på fiberrige (græsbase)de rationer (Maigaard et al., 2022; Sørensen et al., 2022).

Stoffet hæmmer et særligt enzymesystem, som kun findes i de metanogene arkæer, og vil derfor ikke hæmme de bakterier, der er ansvarlige for forgæringen af foderet i vommen. Stoffet blev i februar 2022 godkendt af det Europæiske FødevareSikker-

hedsAgentur (EFSA) under navnet Bovaer og kan derfor nu tages i brug på konventionelle bedrifter, mens det vil sandsynligvis ikke vil blive en accepteret mulighed i den økologiske produktion.

Nitrat: er et andet kemisk stof, som kan reducere produktionen af enterisk metan. Her er den primære virkningsmekanisme anderledes end for 3-NOP. Nitrat omsættes af særlige bakterier i vommen til ammoniak ved en proces, hvor der forbruges brint, som dermed ikke bliver tilgængelig for de metanogene arkæer.

Danske forsøg med malkekøer har vist, at det er muligt at opnå reduktioner i metan emission per kg indtaget tørstof i foderet på 18-23% ved tilsætning af 10-21 g nitrat per g fodertørstof (Olijhoek et al., 2016; Sørensen et al., 2022). Den dannede ammoniak vil efterfølgende kunne indgå i den mikrobielle proteinsyntese i vommen og dermed bidrage til koens forsyning med rigtigt protein.

Brugen af nitrat kan føre til øget kvælstof i gødningen, hvis ikke rationens øvrige proteinkilder reduceres tilsvarende. Desuden bliver der i omdannelsen af nitrat til ammoniak dannet et mellemprodukt, nitrit, som er et stof, der kan hæmme de røde blodlegemes evne til transport af ilt i dyret ved at omdanne hæmoglobin til methæmoglobin.

Forsøgene viser dog, at der kun dannes ubetydelige mængder af methæmoglobin, og det burde ikke give anledning til bekymring. Nitrat er godkendt som foderadditiv til kvæg, men er ikke muligt at anvende i økologiske besætninger.

Additive effekter ved kombination af 3-NOP, nitrat og fedt: er undersøgt i et nyligt dansk forsøg med malkekøer. Alle disse 3 midler er lovlige at tage i anvendelse som foderadditiver i EU, men desværre ser det ikke ud til at der kan opnås yderligere effekter ved at anvende dem i kombination (Sørensen, 2022).

Tang/makroalger: Der arbejdes forskellige steder i verden på at udvikle dyrknings-systemer til en tropisk makroalge (tang) ved navn *Asparagopsis*. Denne alge har i forsøg med intensivt opdrættede stude kunnet hæmme emissionen af metan fra vommen med fra 40% op til 98% uden forringelse af fodereffektiviteten ved tilsætning af kun 0,10% hhv. 0,20% af *Asparagopsis* i fodertørstoffet (Kinley et al., 2020).

Malkekøer er mere følsomme over for påvirkning af vommiljøet, og hos malkekøer har man ikke kunnet reducere emissionen af metan med mere end 26,4% ved tilsætning af 0,5% *Asparagopsis* i fodertørstoffet før det begyndte at give markant negative udslag på foderoptagelse og mælkeydelse (Roque et al., 2019).

De bioaktive stoffer i *Asparagopsis*, der hæmmer dannelsen af metan i vommen, er såkaldte halometaner, som f.eks. bromoform og bromokloroform, som ikke er ønskværdige at få ind i fødekæden. Det er imidlertid tilladt at anvende alger, herunder *Asparagopsis*, som foder til drøvtyggere i EU, og *Asparagopsis* er på nuværende tidspunkt reelt det eneste foderadditiv, bortset fra fedt, der vil kunne udnyttes i økologisk kvægbrug til at reducere metan. Der findes endnu ikke nogen stor-skala kommerciel produktion af denne makro-

alge, som er i nærheden af at kunne levere tilstrækkelige mængder til markedet, hvilket udgør en væsentlig barriere for at tage dette virkemiddel i brug inden for overskuelig fremtid. Ved en daglig tilsætning af 0,5% *Asparagopsis* i de ca. 20 kg foder-tørstof, som 500.000 danske malkekøer i gennemsnit æder om dagen, vil der være behov for en årlig produktion alene til Danmark på godt 18.000 tons algetørstof årligt. Dette skal sættes i forhold til, at der endnu ikke findes nogen kommerciel produktion og dermed ikke noget tilgængeligt *Asparagopsis* produkt på markedet i Europa.

Dansk forskning har vist, at der findes nogle få nordiske arter af makroalger, som har en vis metan-reducerende effekt, men ikke nær så kraftig som *Asparagopsis*. De nordiske arter indeholder ikke de førnævnte halometaner (Norskov et al., 2021). Der foregår i øjeblikket forskning for at identificere de ansvarlige bioaktive stoffer for potentielt at kunne udvikle nye metan reducerende virkemidler til brug i alle typer kvægbesætninger.

Stof X: Danske foderstofvirksomheder arbejder på at få patenteret et stof, kaldet X, der har vist sig at kunne reducere aktiviteten af de metanogene arkæer i vommen. Stof X virker sandsynligvis ved at blokere et nøgleenzym hos metanogenerne, der er nødvendigt for at danne metan ud fra kuldioxid og brint. Der er på nuværende tidspunkt udført tre intensive forsøg med malkekøer i Danmark, og på den baggrund er det realistisk at forvente, at stof X (eller en afledt metabolit) vil kunne reducere emission af metan fra malkekøer med omkring 30% uden at påvirke køernes mælkeydelse

og foderoptagelse negativt (Nielsen et al., 2022).

Der vil formodentligt gå et par år, før den fornødne dokumentation vil være fremskaffet, så der kan søges om godkendelse af stoffet som foderadditiv i EFSA. Der er dog optimisme i forhold til, at godkendelsen vil blive givet, da stoffet allerede er godkendt til brug i fødevareindustrien, bare ikke som foderadditiv.

Ved alle tiltag, hvor metan dannelsen hæmmes med additiver, er overskud af brint en udfordring, når det ikke længere udnyttes af metanogener til syntese af metan. Tilsætning til foderet af de meget potente metan-reducerende foderadditiver er ledsaget af en markant stigning i emissionen af brint, og der forskes i, om dette har sammenhæng til de markante fald i foderoptagelse, som er set ved brug af flere af disse foderadditiver i høje koncentrationer.

En hypotese er, at en ophobning af brint i vommen har en negativ effekt på den mikrobielle fermentering, som dermed går langsommere, hvorved også foderoptagelsen reduceres.

En anden hypotese er baseret på, at metanogenerne omsætter 5 gasmolekyler (4 brint og 1 kuldioxid) til 1 gasmolekyle (metan), og når denne reaktion hæmmes, sker der rent volumenmæssigt en øget ophobning af gas i vommen, som er til gene for koen enten direkte fysisk eller fysiologisk via ændring i de fysiske og kemiske ligevægte i vommen.

Andre fremtidige tiltag

Avl: Udfra studier bl.a. i Danmark er det estimeret, at der er en arvbarhed på omkring 0,2 for metanproduktion hos malkekvæg af Holstein racen (Lassen & Løvendahl, 2016), hvilket betyder, at 20 % af den genetiske variation, man ser i metan emission mellem køer, skyldes forskelle i deres genetik. Det gælder formodentlig også for racerne Jersey og Rød Dansk Malkerace.

Avl for nedsat produktionen af enterisk metan per kg mælk er en langsom proces over adskillige ko-generationer, men effekten fra avl er til gengæld blivende i modsætningen til effekten af foderadditiver, som giver en øjeblikkelig effekt, der stopper, når man ophører med at tildele additivet. Inden for avl og genetik i Danmark arbejdes der på at udvikle et avlsindeks for metan emission.

Stald- og ventilationssystemer: Hvis luften fra en stald kunne opsamles og renses for metan ved at oxidere det til kuldioxid, ville det i princippet være underordnet, hvor meget metan kvæg udleder, når de er opstaldet, så længe metanen ikke når ud i atmosfæren.

Udfordringen her er, at metan dels forekommer i meget lave koncentrationer i staldluft, og dels er det et meget lidt reaktivt molekyle, hvilket gør det vanskeligt at få det opsamlet og oxideret til CO₂. Der arbejdes i Danmark i øjeblikket med en ny lovende teknologi baseret på biofiltre til dette formål.

Konklusion

Det klimamæssige problem omkring drøvtyggere består i, at de udleder metan, som i forhold til CO₂ har et 80 gange højere globalt opvarmningspotentiale målt over de første 20 år efter udledning og et 27 gange højere opvarmningspotentiale målt over 100 år. Metan emission fra kvæg er ansvarlig for omkring 6,9% af Danmarks og 29,9% af landbrugets samlede emissioner af drivhusgasser.

Metan har imidlertid en kort levetid på kun 12 år i atmosfæren, hvorefter det omdannes til CO₂. Drøvtyggere bidrager derfor ikke til akkumulering af CO₂ i atmosfæren, da de ikke kan udlede mere CO₂ end de planter de har ædt i sin tid fikserede fra atmosfæren. Hvis omdannelsen af CO₂ til metan i vommen kunne forhindres, og metan emissionen dermed forhindres, ville det være et kolossalt skridt i retning af en klimaneutral kvægproduktion, selv med en uændret population af dyr.

De største potentialer for reduktion af metan her og nu er via anvendelse af foderadditiver, hvor der på nuværende tidspunkt er to godkendte produkter, 3-NOP (Bovaer) og nitrat, på markedet, som forventeligt kan reducere metan emission fra malkekvæg med omkring 30-35% hhv. 18-20%. Ingen af disse to produkter er tilladte i den økologiske produktion.

For økologer er det eneste værktøj til metan reduktion på nuværende tidspunkt gennem ændring af foderrationens sammensætning primært ved tilsætning af fedt, men reduktioner i metan emission på mere end 10% er vanskeligt at opnå ad den vej uden reduktioner i mælkeydelse og foder-

optag. Det samlede klimaaftryk ved mælkeproduktionen vil dog kun reduceres, hvis der vælges fodermidler, der ikke giver et højere klimaaftryk ved dyrkning og transport som ville kunne opveje reduktionen i enterisk metan.

Et spændende nyt virkemiddel, som principielt allerede er tilladt at bruge som fodermiddel også i økologisk produktion, er den tropiske rødalge *Asparagopsis*, der ser ud til at have et reduktionspotentiale på niveau med 3-NOP, omend denne alge aldrig er afprøvet under danske forhold. Indtil videre ser det dog ikke ud til at være lige om hjørnet med at få en tilstrækkelig opskaleret produktion af denne makroalge, ligesom det også ligger nogle år ude i fremtiden, inden det nye danske bud på et foderadditiv, Stof X, kan komme på markedet.

Under alle omstændigheder har der indtil nu ikke været incitamentstrukturer, der gør det attraktivt eller nødvendigt for den enkelte kvægproducent at implementere de nye metanreducerende virkemidler.

Mejeriselskabet Arla har varslet, at det fra medio 2023 vil give ca. 22 øre ekstra per kg mælk til de producenter, der lever op til en række krav til deres produktion. Derudover er der politiske overvejelser om at indføre en fremtidig beskatning af drivhusgas emission fra landbruget.

Det bliver spændende at se, om disse virkemidler kan understøtte hinanden, så den ønskede klimateffekt kan opnås samtidigt med, at husdyrproduktionen kan opfylde en uændret eller stigende global efterspørgsel efter mælk og oksekød.

Referencer

Albrektsen, R., Mikkelsen, M.H., & Gyldenkerne, S. 2021. Danish emission inventories for agriculture. Inventories 1985 – 2018. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 202 pp. Scientific Report No. 443. <http://dce2.au.dk/pub/SR443.pdf>

Andersen, M.N., Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Hutchings, N.J., Elsgaard, L., Jørgensen, U., Munkholm, L., Børgesen, C.D., Sørensen, P., Petersen, S.O., Lærke, P.E., Børsting, C.F., Lund, P., Kjeldsen, M.H., Maigaard, M., Villumsen, T.M., Adamsen, A.P., Dalby, F.R., Kai, P., Nørre-mark, M., Blicher-Mathiesen, G., Audet, J., Bruus, M., Krogh, P.H., Kronvang, B., Winding, A., & Kristensen, H.L.. 2022. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget. Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. 270 pp.

Brask, M., Lund, P., Hellwing, A.L.F., Poulsen, M., & Weisbjerg, M.R. 2013. Enteric methane production, digestibility and rumen fermentation in dairy cows fed different forages with and without rapeseed fat supplementation. Anim. Feed Sci. Technol. 184, 67-79. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.06.006>

Børsting, C.F., Brask-Pedersen, D.N., Mogensen, L., Hellwing, A.L.F., Weisbjerg, M.R., Johansen, M., Larsen, M. & Lund, P. 2022. Effect on carbon footprint when substituting grass-clover silage with maize silage for dairy cows. ISEP, September 2022. Animal - Science proceedings. 13, 3, p. 365-366.

Børsting, C.F., Johansen, M., Lund, P., & Møller, H.B. 2020. Notat vedr. optimeret fodring med øget fedt til kvæg og reduktionseffekt på enterisk metan. Notat til Miljø- og Fødevareministeriet. 11 pp. https://pure.au.dk/portal/files/178010630/Fodring_med_get_fedt_til_kv_g_effekt_p_enterisk_metan_280120.pdf

Dijkstra, J., Bannink, A., France, J., Kebreab, E., & van Gastelen, S. 2018. Antimethanogenic effects of 3-nitrooxypropanol depend on supplementation dose, dietary fiber content, and cattle type. *J. Dairy Sci.* 101, 9041-9047. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14456>

Forster, P., Storelvmo, T., Armour K., Collins, W., Dufresne, J.-L., Frame, D., Lunt, D.J., Mauritsen, T., Palmer, M.D., Watanabe, M., Wild, M., & Zhang, H. 2021. The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 923–1054. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.009>

Kinley, R.D., Martinez-Fernandez, G., Matthews, M.K., de Nys, R., Magnusson, M., & Tomkins, N.W. 2020. Mitigating the carbon footprint and improving productivity of ruminant livestock agriculture using a red seaweed. *Journal of Cleaner Production* 259, 120836. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120836>

Lassen, J., & Løvendahl, P. 2016. Heritability estimates for enteric methane emissions from Holstein cattle measured using noninvasive methods. *J. Dairy Sci.* 99, 1959-1967. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10012>

Maigaard, M., Weisbjerg, M.R., Lund, P., Olson, C., & Walker, N. 2022. Effekten af 3-NOP afhænger af dosis og grovfodertype. *Fodringsdag, Herning*, 30.08.2022. https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/8/e/9/fd22_effekten_3nop_afh_af_dosis_og_grovfodertype_morten_maigaard.pdf

Mogensen, I., Kristensen, T., Nguyen, T.L.T., Knudsen, M.T., & Hermansen, J.E. 2014. Method for calculating carbon footprint of cattle feeds – including contribution from soil carbon changes and use of cattle manure. *J. Cleaner Prod.* 73, 40-51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.023>

Niu, M., E. Kebreab A. N. Hristov, J. C. Arndt, A. Bannink, A.R. Bayat, A.F. Brito, T. Boland, D. Casper, L. A. Crompton, J. Dijkstra, M.A. Eugène, P.C. Garnsworthy, M.N. Haque, A.L.F. Hellwing, P. Huhtanen, M. Kreuzer, B. Kuhla, P. Lund, J. Madsen, C. Martin, S.C. McClelland, M. McGee, P. J. Moate, S. Muetzel, C. Muñoz, P. O'Kiely, N. Peiren, C. K. Reynolds, A. Schwarm, K.J. Shingfield, T. M. Storlien, M.R. Weisbjerg, D. R. Yáñez Ruiz, & Z. Yu. 2018. Prediction of enteric methane production, yield, and intensity in dairy cattle using an intercontinental database. *Glob. Change Biol.* 24, 3368-3389. <https://doi.org/10.1111/gcb.14094>

Nielsen, M.O., Thorsteinsson, M., Rønn, M., Nørskov, N., Lund, P., Weisbjerg, M.R., & Hansen, H.H. 2022. Stof X reducerer køers metan emission - uden forringelse af mælkeproduktion eller fodereffektivitet? *Fodringsdag, Herning*, 30.08.2022. https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/3/8/d/fd22_stof_x_reducerer_koernes_metan_emission_uden_forr_af-maelkeprod_el_fodereff_mette_olaf_nielsen.pdf

Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Gyldenkærne, S., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Thomsen, M., Hjelgaard, K., Fauser, P., Bruun, H.G., Johannsen, V.K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L., Stupak, I., Scott-Bentsen, N., Rasmussen, E., Petersen, S.B., Baunbæk, L., & Hansen, M.G. 2022. Denmark's National Inventory Report 2022. Emission Inventories 1990-2020 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 969 pp. Scientific Report No. 494 <http://dce2.au.dk/pub/SR494.pdf>

Nørskov, N.P., Bruhn, A., Cole, A., & Nielsen, M.O. 2021. Targeted and untargeted metabolic profiling to discover bioactive compounds in seaweeds and hemp using gas and liquid chromatography-mass spectrometry. *Metabolites* 11, 259, <https://doi.org/10.3390/metabo11050259>

Olijhoek, D.W., Hellwing, A.L.F., Brask, M., Weisbjerg, M.R., Højbjerg, O., Larsen, M.K., Dijkstra, J., Erlandsen, E.J., & Lund, P. 2016 *J. Dairy Sci.* 99, 6191-6205, <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10691>

Olijhoek, D.W., A. L. F. Hellwing, S. J. Noel, P. Lund, M. Larsen, M. R. Weisbjerg, & C. F. Børsting. 2022. Feeding up to 91% concentrate to Holstein and Jersey dairy cows: Effects on enteric methane emission, rumen fermentation and bacterial community, digestibility, production and feeding behavior. *Dairy Sci. TBC*:1–19 <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21676>

Roque, B.M., Salwen, J.K., Kinley, R., & Kebreab, E. 2019. Inclusion of *Asparagopsis armata* in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 percent. *Journal of Cleaner Production* 234, 132-138. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.193>

Sørensen, M.M. 2022. Fodring med fedt, nitrat og 3-NOP som metanreducerende tilsætningsstoffer, alene og i kombination med hinanden. Antal sider 9. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 12.05.2022. https://pure.au.dk/portal/files/268955998/Notat_om_fodring_med_fedt_nitrat_og_Bovaer_120522.pdf

DANSK LANDBRUG SKAL BLIVE GRØNNERE - VI HAR IKKE RÅD TIL ANDET

Af Morten Riget, landbrugsdirektør i Nordea

Landbruget i Danmark er næst efter transporterhvervet den mest CO₂-udledende sektor i landet. Nye klimakrav til bankernes udlån skubber yderligere til den nødvendige grønne omstilling af det danske landbrug, som vil tage fart de kommende år. I Nordea ser vi det som en fælles opgave.

Det er ikke nogen hemmelighed, at landbruget er en af landets største udledere af CO₂. Heldigvis er det også en situation, der kan gøres noget ved. Dels ved, at de enkelte landbrug selv arbejder mere fokuseret og systematisk med miljøet og de øvrige ESG-områder, og dels ved at tage imod al den hjælp, der findes i form af ekspertise og teknologi. I Nordea ser vi os som en vigtig partner i den omstilling, landbruget står på tærsklen af.

Nordeas klimamål nås kun sammen med kunderne

Som bank kan vi ikke nå vores egne ambitiøse ESG-mål uden hjælp fra vores kunder. Især målet om at reducere vores emissioner med 40-50 % inden 2030 på vores investerings- og udlånsportefølje (se illustration). Det kan ganske enkelt ikke lade sig gøre uden landbruget som medspiller. Derfor vil vi over den kommende tid se øgede krav til rapportering i landbruget på alle tre ESG-parametre, men især på klimaområdet, da det er her, belastningen er størst.

Figur 1. Nordeas mål om reduktion i emissioner



Hvad er ESG?

Hvad er ESG?

ESG står for

Environment (miljø),
Social (samfund) og
Governance (ledelse)

Samfundets krav som motivator

Også blandt landbrugets aftagere, både i industrien og blandt forbrugerne, politikerne og det øvrige samfund bliver der stillet øgede og nye krav til bæredygtighed. De øgede krav ses blandt andet på miljøområdet, hvor biodiversitet allerede nu spiller en endnu større rolle, og der på sigt forventes at komme målkrav på. Øgede krav ses også på det sociale og ledelsesmæssige område.

Mange aftagere af landbrugets produktion vil altså stille krav til den måde, der produceres på – og vil kræve dokumentation for det. Det vil vi også i banken, men vi vil samtidig gerne være en del af omstillingen og investere i den sammen med landbruget.

Vi møder i dag en større og større efterspørgsel fra landbrugskunder, der ønsker at dække deres strømforbrug via grøn energi. Det kan fx være solceller på ladebygninger, som ofte kan dække ca. 25 pct. af bedriftens strømforbrug. De kan finansieres via grønne lån, som ofte kan være tilbagebetalt på otte år.

Klimabelastningen får indflydelse på prisen på lån

Når vi kreditvurderer fødevarereproducenter i dag, kigger vi naturligvis på økonomisk

performance, altså hvor solid forretningen og økonomien er. Jo sundere forretning, jo bedre pris får man på sine lån, da banken alt andet lige løber en mindre risiko ved at låne ud til sunde virksomheder med solid økonomi.

CO₂-udledning bliver også en faktor i bankernes kreditvurdering. Og det er her, vi gerne vil være en medspiller for landbruget. Vi ser nemlig fortsat store muligheder i dansk landbrug – også med de øgede krav, der er til ESG. Men det kræver, at alle fødevarereproducenter begynder at arbejde med deres klimabelastning – og rapporterer resultaterne.

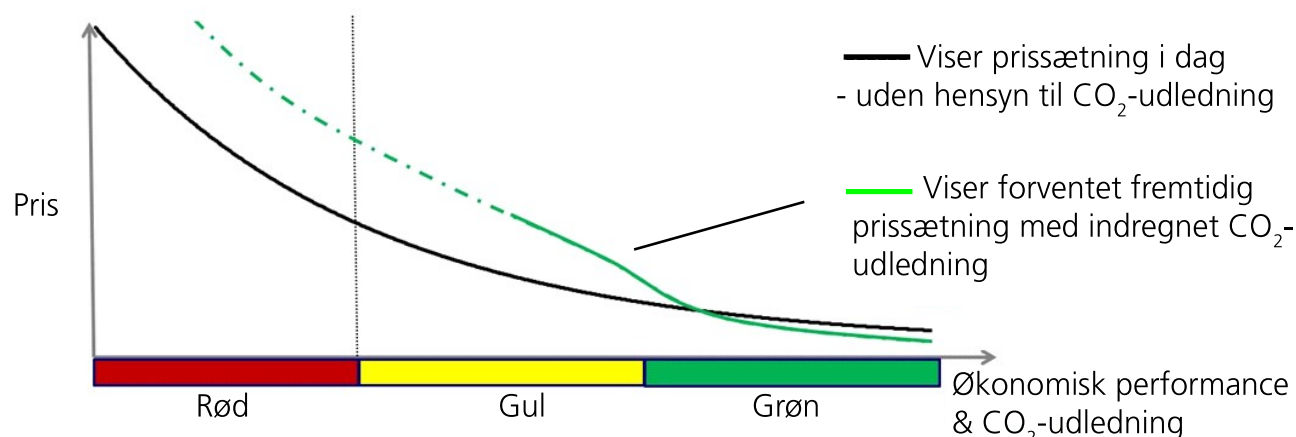
Som det fremgår af figuren nedenfor, hænger bedrifternes økonomiske performance sammen med prisen på at låne. Den stippledte linje viser, hvordan bedrifternes CO₂-udledning fremover forventes at komme til at påvirke denne pris.

Omstillingen er i gang

Ligesom mange landbrug er i fuld gang med den grønne omstilling og deres øvrige ESG-arbejde, er vi også i gang med at omstille vores udlån til såkaldt grønne lån. I år beder vi derfor de største landbrugskunder om at aflevere klimaregnskaber med CO₂-data.

Her kan de fx bruge [ESGreen-toolet](#). De skal også lægge såkaldte transitionsplaner for, hvordan de vil omstille til en mere klimavenlig bedrift. Vi opfordrer til, at de tager de to andre områder med i deres årsrapporter, altså sociale forhold og ledelse. I løbet af 2023 vil vi bede alle øvrige landbrugskunder om det samme, og senest fra 2025 forventer vi, at ESG-rating indgår

Figur 2. Prisen på lånekapital ("renten") og dens afhængighed af økonomisk performance og CO₂-udledning



på lige fod med en regnskabsmæssig rating på alle vores landbrugskunder.

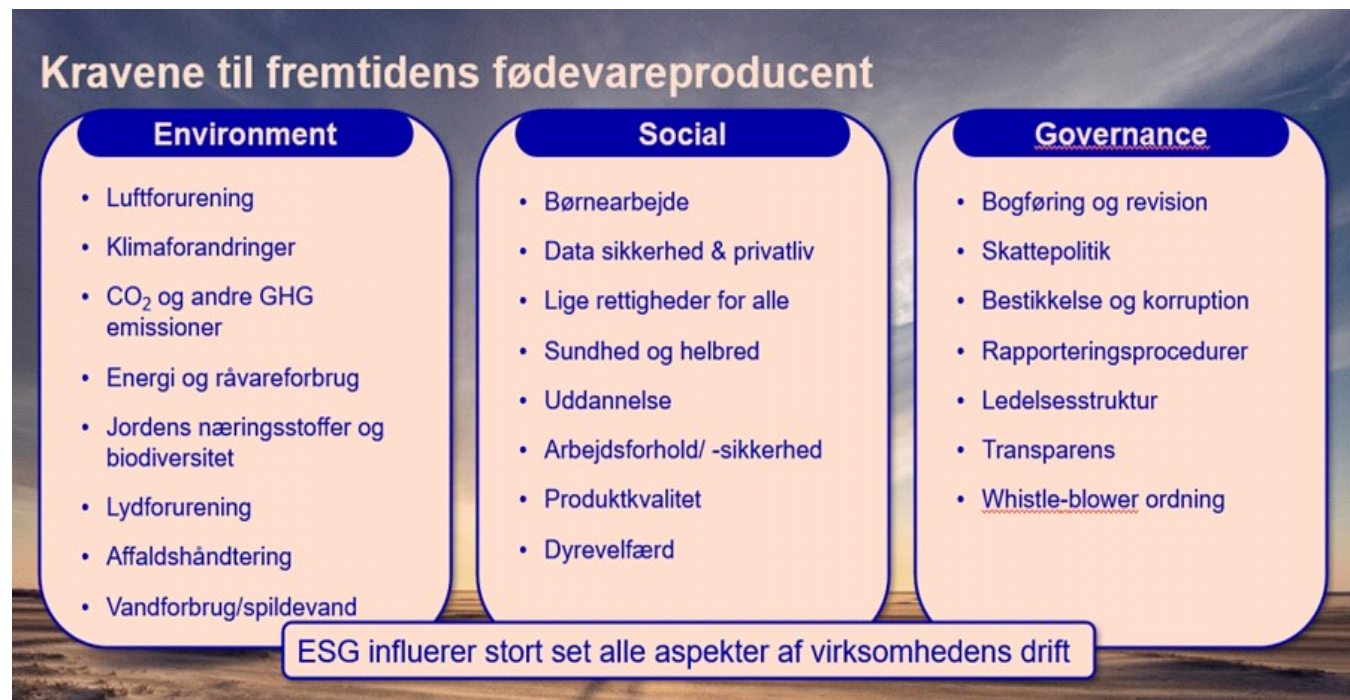
Husk S og G

Der er mange måder at nå sine miljømål, blandt andet ser vi en spændende udvikling inden for robotter, der kan være med til at effektivisere landbruget ved mere præ-

cise såningsmetoder og ved at begrænse sprøjtegifte i ukrudtsbekæmpelsen.

Der forskes i Danmark også i udviklingen af nye, mere modstandsdygtige afgrøder og nye former for afgrøder. Vi ser allerede en udvikling i efterspørgslen efter plante-

Figur 3. Kravene til fremtidens fødevareproducent



protein, og med den ekspertise, store brug af data og høje kvalitet, der er i dansk landbrug i dag, ser jeg masser af muligheder for et grønnere landbrug.

På det sociale område sker der også rigtig meget i landbruget. Vi ser, at mange fokuserer på arbejdsmiljøet. Der er kommet langt større opmærksomhed på arbejdsforholdene og på fx at undgå arbejdsulykker. Landmændene er blevet mere bevidste om, at sygemeldinger koster på den korte bane, og at et dårligt arbejdsmiljø i sidste ende kan medføre, at det bliver svært at tiltrække nye medarbejdere. Det vil ramme virksomhedens effektivitet og medføre både ringere økonomi og bæredygtighed.

Der er altid den risiko, at når man fokuserer på en ting, glemmer man noget andet. Derfor opfordrer vi landmændene til at huske at fokusere på 2-3 forhold *også* inden for de sociale aspekter og i ledelsen af deres bedrifter, så vi kan løfte landbruget i Danmark på alle bæredygtige parametre.

Vi anerkender, at det ikke er nogen lille omstilling, vi står overfor, men vi mener også, at det er den eneste farbare vej at gå. Vi SKAL simpelthen i mål med et grønnere landbrug – Danmark har ikke råd til andet.

CARBON FARMING - GALT ELLER GENIALT SVAR PÅ LANDBRUGETS GRØNNE OMSTILLING?

Af Maria Stein Knudsen, seniorkonsulent, og Sigrid Nikoline Nerlov, konsulent, Landbrug & Fødevarer

Carbon farming er blevet et stort emne de seneste år, og det fylder meget hos både landmænd, fødevarevirksomheder og politikere på både europæisk og nationalt niveau. Carbon farming kan ses som et samlet begreb for grønne praksisser i landbruget. Men carbon farming kan være mange ting, og der hersker stadig stor tvivl om en præcis definition, samt hvilke veje der er at foretrække politisk og potentielle konsekvenser heraf. Dette gælder både, når det kommer til opgørelsesmetoder, definition, og også til finansieringskilder og muligt salg af klimakreditter.

Den grønne omstilling er en bunden opgave

Verden står over for stadig større udfordringer med klimaforandringer. Det giver ikke bare højere temperatur, men også et stadigt mere og mere ekstremt vejr med tørke og oversvømmelser som hyppigere og mere ekstreme fænomener. Ifølge FN's klimapanel IPCC er dette desværre den fremtid man ser ind i, og som kun bliver forstærket, hvis man ikke sætter hårdt ind for at mindske klimaforandringerne nu¹.

Landbrugs- og fødevareproduktion har et markant klimaaftryk. I dag fylder den primære landbrugsproduktion omkring 27 pct. af Danmarks samlede udledninger af drivhusgasser. Hvis man medregner landbrugets andel i LULUCF (skove, areal og arealanvendelse), transport og fødevareforarbejdning, så fylder fødevareproduktion dog 38,5% af Danmarks samlede opgørelse². En grøn omstilling af fødevarepro-

¹ IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844

² Danmarks Klimastatus- og Fremskrivning 2022

³ EU-Kommissionens forslag om en revideret LULUCF-forordning

duktionen er helt nødvendig, hvis man skal mindske klimaforandringerne.

Denne artikel vil drøfte, hvad carbon farming er, og om det reelt har en klima-effekt. Derefter vil artiklen drøfte, hvilke politiske og finansielle rammer der skal være for carbon farming, og hvilke anbefalinger Landbrug & Fødevarer har til de fremadrettede rammer.

Carbon farming – det nye buzzword

De seneste år er carbon farming oftere og oftere blevet svaret, når der er blevet spurgt til grøn omstilling af landbruget. Det er et begreb, der fylder meget hos både landmænd, fødevarevirksomheder og ikke mindst hos politikere, når man kigger på den europæiske scene.

Carbon farming er blevet et buzzword i Bruxelles og er en inkorporeret del af EU-Kommissionens strategi for indfrielse af EU's ambitiøse klimamål. Dette ses især i EU-Kommissionens forslag til en revideret LULUCF-forordning, som vil indføre et krav om kulstofoptag i den samlede europæiske LULUCF-sektor på 310 mio. tons CO₂.

Forslaget handler primært om en øget kulstoflagring i skovsektoren, men vil også påvirke kulstoflagring i jord og på landbrugsarealer³. Dermed startes en yderligere diskussion om carbon farming og dets anvendelse i landbruget.

Udfordringen er blot, at der ikke er enighed om, præcis hvad carbon farming betyder. Der findes nemlig ingen klar videnskabelig eller politisk definition. Der er dog enighed om, at carbon farming overordnet set omhandler landbrugspraksisser, som

på den ene eller den anden måde sikrer en produktion med et lavere klimaaftryk. Der er i dag ingen klar afklaring om, hvorvidt begrebet kun omfatter kulstoflagring, fx kulstoflagring i jorden eller biokul, samt optag og binding af kulstof i træer, eller om det også omfatter reduktion af udledningen af drivhusgasser.

I december 2021 kom EU-Kommissionen med meddelelsen "Sustainable carbon cycles", som omhandlede carbon farming. Meddelelsen skulle være næste skridt på vejen på vejen til at definere carbon farming som et begreb, der kunne bruges i resten af EU-Kommissionens arbejde med grøn omstilling i landbruget. Dette omfatter både arbejdet med EU's fælles landbrugs-politik (CAP) og EU's klimapakke kaldet 'Fit for 55'.

Meddelelsen havde fokus på kulstofoptag fra både naturbaserede løsninger og teknologiske løsninger. De eksempler, der peges på, er ekstensive løsninger, såsom fx udtagning af lavbundslande fra landbrugsproduktion og skovlandbrug.

Desværre har meddelelsen ikke fokus på den del af den grønne omstilling, hvor store dele af landbruget kan gøre den største forskel – nemlig i de reducerede emissioner gennem tiltag på landbrugsbedriften. Det betyder også, at langt størstedelen af de eksempler, der nævnes i meddelelsen, vil betyde en nedgang i fødevareproduktionen, og et langt mere ekstensivt baseret landbrug.

Den klare definition og enighed om begrebet carbon farming er dog for nu udeblevet. Med EU-Kommissionens meddelelse

kom det nemlig også frem, at Kommissionen vil fremsætte et lovforslag om standardcertificering af kulstofoptag i 2022. Et forslag der ventes med spænding. Men uanset certificeringsmodel, så bør det store fokus være på, hvordan carbon farming kan bidrage til grøn omstilling i landbruget. Ligesom det ikke mindst bør drøftes, hvordan carbon farming initiativerne skal finansieres.

Virker carbon farming som klimatiltag?

Der snakkes om, hvorvidt carbon farming er et effektivt klimatiltag eller ej. Som nævnt tidligere, er der ingen klar faglig definition af carbon farming, hvilket gør, at det på nuværende tidspunkt er svært at konkretisere, hvorvidt de tiltag, der laves, er effektive, når man snakker klimaeffekt.

Dertil skal man huske på, at der er stor forskel på omstændighederne i de forskellige EU-lande. De har alle meget forskellig geografi og mulighed for reduktioner og optag af CO₂-udledninger, i både land- og skovsektoren.

Hvis carbon farming defineres bredt, inkluderer det både agronomiske praksisser, teknologi og kulstofoptag i jorden. Dermed praksisser som både reducerer udledningen af drivhusgasser, og som sikrer et optag og lagring af CO₂, fx i jorden, således at det forhindres i at blive udledt i atmosfæren og bidrager yderligere til opvarmningen.

Ved tilføjelse af CO₂ ændres sammensætningen af jordens næringsstoffer, hvilket kan have store konsekvenser for dyrkningsmuligheder på afgrødeområderne, og

fremtidig mulighed for optag vil blive mindsket, hvis man tilføjer yderligere CO₂ til jorden.

Andre praksisser, som fx produktionen af biokul fra restprodukter i landbruget, kan også have en betydelig klimaeffekt. Biokul er forkullet restmateriale fra plante- eller dyrebiomasse. Biokul har en stor klimaeffekt, da det i modsætning til ren biomasse fra plantemateriale er meget stabilt og ikke omsættes til CO₂ de næste 500 – 1000 år.

Samtidig kan man ved at udbringe biokul på markerne bruge det som en form for organisk gødning. Når det udbringes på markerne, vil det nemlig til tilføre jorden en stabil kulstofpulje og fungere som et jordforbedringsmiddel. Biokul produceres ved forbrænding på ca. 500 °C under iltfattige forhold, processen kaldes for pyrolyse, da alt materiale recirkuleres og genbruges⁴.

Noget af udfordringen med CO₂-optaget gennem carbon farming tiltag er, hvorvidt optaget kan klassificeres som permanent optag eller ej. Flere grønne organisationer beskylder større virksomheder for greenwashing, da der usikkerhed om, hvorvidt tiltagene (fx biokul) er permanente ift. klimaeffekt.

Hvis carbon farming tiltagene skal have en positiv effekt på klimaet, skal de gerne være permanente – dvs. at emissioner skal være lavere, end hvad de ellers ville have været på lang sigt. Det kan give udfordringer ift. de tiltag, der på sigt defineres som carbon farming, da naturlige omstændigheder kan

⁴ Elsgaard (eds) et al " KNOWLEDGE SYNTHESIS ON BIOCHAR IN DANISH AGRICULTURE", DCA REPORT NO. 208. SEPTEMBER 2022

frigøre tidligere optag og derfor tilføre yderligere udledninger i atmosfæren. Udfordringen findes også i, at det er svært at monitorere tiltagene om optag i jorden.

Additionalitet er et andet begreb, der skal være til stede, når carbon farming tiltag skal kunne godskrives for deres klimaeffekt. Landmænd skal til dels kunne belønnes, hvis deres klimatiltag er mere, end hvad de reelt ville have foretaget, hvis ikke der var incitamenter. Princippet om additionalitet er vigtigt, hvis man optager og langtidslagrer kulstof ved klimatiltag i en sektor. Dette gælder særligt, når det er en sektor med bindende klimamål.

Landmændene står med en unik mulighed for at kunne skabe sig yderligere indtjeningsmuligheder fx gennem salg af klimakreditter, da der er store muligheder for kulstofoptag i landbruget. Det skal dog defineres så hurtigt så muligt, således at man forhindrer greenwashing, og så det skaber sikkerhed for landmændene, således at de nødvendige klimatiltag etableres ude på bedrifterne og kan rykke på den grønne omstilling.

Ny finansiering eller omfordeling af EU's fælles landbrugspolitik?

Carbon farming kan i dag finansieres både gennem forskellige støtteordninger i EU's fælles landbrugspolitik (CAP) og gennem private initiativer, som fx salg af klimakreditter. En ting er dog sikkert: Hvis der skal sikres den tilstrækkelige finansiering af den grønne omstilling af landbrugserhvervet, så vil der være behov for en markant større finansiering.

Carbon farming som det store buzzword er en relativ ny ting, men det er ønsket om at fremme grøn omstilling i landbruget derimod ikke. Dette ses tydeligt i den nye reform af CAP, hvor man har indført en ny type støtteordninger kaldet eco-schemes eller på dansk "bio-ordninger". Blandt disse bioordninger kan man bl.a. støtte forskellige tiltag inden for carbon farming. 25 pct. af den direkte landbrugsstøtte i EU's fælles landbrugspolitik er i udgangspunktet øremærket disse bioordninger.

Medlemsstater kan medregne nogle af de midler, der anvendes til grønne ordninger i landdistriktsprogrammet i de 25 pct. Det betyder, at der i Danmark bruges gennemsnitligt 20 pct. af den direkte støtte til bioordninger i perioden 2023-27. Det svarer til gennemsnitligt ca. 1,2 milliarder DKK om året.

Carbon farming er for nu et vagt begreb, som kan dække over mange praksisser, der vil have en betydelig omkostning, fx udtagning af kulstofrige lavbundslande, skovlandbrug, ekstensivering mv. Hvis man ønsker at indføre disse praksisser i stor skala, vil det kræve mange milliarder i indsats årligt på tværs af EU. Hvis CAP'en alene skulle finansiere dette, vil det være en betydelig udfordring at få pengene til at strække.

Særligt på et tidspunkt, hvor tendensen ved de seneste reformer af den fælles landbrugspolitik har været, at den samlede pulje af penge og mulighed for støtte kun bliver mindre for hver ny periode, samtidig med at kravene stiger for, hvad EU's landbrugspolitik skal levere på den grønne dagsorden.

Formålet med EU's landbrugspolitik er både at sikre en konkurrencedygtig og økonomisk bæredygtig landbrugssektor, at bidrage til forbedring af miljø, klima og biodiversitet og at bidrage til bredere landdistriktsudvikling⁵. Derfor kan midlerne ikke bruges til carbon farming alene. Der er derfor behov for at finde ny finansiering til carbon farming uden for EU's landbrugspolitik, såfremt man skal have konceptet indført i det ønskede omfang.

Mange landmænd og lodsejere undersøger derfor i dag private ordninger for klimakreditter- og klimabidrag. Der er i dag ingen international regulering for klimakreditter og klimakompensation. Det er et grundlæggende princip, at en klimakredit skal repræsentere noget "additionelt" – altså et ekstra tiltag, som ikke vil være foretaget uden mulighed for kompensation.

Disse ordninger afhænger alle af private organisationer og firmaers egne regler og principper for, hvad de betegner som god praksis. Dette betyder dog også, at det på nuværende tidspunkt er meget svært at sige noget konkret om, hvad man vil kunne forvente af pris pr. enhed reduceret og deraf mulig ekstra finansiering til carbon farming.

Erfaringen er dog nu, i både Danmark og Europa, at markedet med salg og køb af klimakreditter fra landbruget stadig er småt

og i en opstartsfasen. Markedet er der, men ved rundspørge hos europæiske landbrugsorganisationer er erfaringen, at markedet er markant mindre, end det ofte antages. Der er dog en generel opfattelse af, at det er et marked i vækst, som oplever stor interesse.

Da markedet fortsat er småt, er det svært at sige noget konkret om prisniveauet ved salg af klimaeffekter gennem private ordninger.

SEGES Innovation har tidligere undersøgt finansieringen ved udtagning af lavbundsjord gennem salg af klimakreditter ift. de offentlige ordninger man kender, som fx Klimalavbundsordningen. En dansk national ordning for udtagning af lavbundsjord⁶. Her fandt de, at det med eksisterende priser på omkring 200 kr. pr. tons CO₂e for klimakreditter ikke vil kunne sikre en rentabel finansiering af udtagning af lavbundsjord. Tværtimod vil man ende med et større underskud for udtagningen. Det skyldes bl.a., at man i mange klimakreditordninger ikke vil få dækket etableringsomkostninger til udtagning af lavbundsjord.

Der vil være en række administrations- og projektomkostninger til at få certificeret sit klimatiltag, så man kan sælge klimakreditter. Ligeledes vil der i mange tilfælde være et større værditab af jorden⁷.

⁵ Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) 2021/2116 af 2. december 2021 om finansiering, forvaltning og overvågning af den fælles landbrugspolitik og om ophævelse af forordning (EU) nr. 1306/2013

⁶ Miljøstyrelsen, Klima-Lavbund (mst.dk), 20. oktober 2022

⁷ SEGES Innovation, "Webinar: Lavbundsjord: Udtagningsordninger og klimakreditter", <https://www.seges.tv/video/74404790/lavbunds-jorde-udtagningsordninger-2>, 28. februar 2022

Hvad ved vi om carbon farming?

Carbon farming har som relativt nyt fænomen mange usikkerheder. For at opsummere hvad vi ved indtil videre, så er der ingen klar definition af carbon farming. Ligesom der ikke findes nogen klare politiske rammer for carbon farming, eller hvordan dette skal finansieres.

Det store tvivlsspørgsmål ift. definition handler om hvorvidt carbon farming kun dækker praksisser, der dækker optag og lagring af kulstof eller, om det også skal omfatte praksisser, der reducerer udledningen af drivhusgasser.

Der er i dag ingen international regulering, der afdækker carbon farming bredt. Det gælder særligt, når det kommer til de private ordninger, som er et marked i fremdrift. Det giver udfordringer, når det kommer til grundlæggende spørgsmål ift., hvordan additionalitet afklares. Der afventes nu forslag om standardcertificering af kulstof fra EU-Kommissionen i slutningen af 2022, men om dette afklarar tvivlsspørgsmålet helt er tvivlsomt.

På nuværende tidspunkt findes der både private og offentlige ordninger. Der er dog ikke for nuværende en finansiering i det private marked, der kan drive carbon farming-dagsordenen uafhængigt af offentlige ordninger og CAP. Dette vil dog forhåbentligt ændre sig i fremtiden.

Landbrug & Fødevarers tilgang til carbon farming

Landbrug & Fødevarers tilgang til carbon farming er, at selvom der på nuværende tidspunkt ikke er et velfungerende marked for carbon farming, må dette ikke føre til,

at carbon farming skal finansieres fuldt gennem CAP'en. Tvært imod mener Landbrug & Fødevarer, at man skal sikre en markedsbaseret tilgang til carbon farming. Det skal sikre ekstra finansiering til den grønne omstilling af erhvervet. Til gavn for klimaet – og til gavn for en fortsat fødevareforsyningssikkerhed i Europa, som er yderligere påvirket af den nuværende krig i Ukraine og de høje energipriser som konsekvenser deraf.

Er carbon farming galt eller genialt?

Carbon farming er hverken et galt eller genialt svar på landbrugets grønne omstilling. Den endelige konklusion er svær at lave, så længe den klare definition af carbon farming udebliver. For der er mange gråzoner, der skal undersøges og opklares, hvis man skal begynde at bruge carbon farming som mere end et buzzword og mere som et konkret redskab i landbrugets grønne omstilling.

I Landbrug & Fødevarer ser vi mange fremtidige muligheder i arbejdet med carbon farming. Potentialet for carbon farming indfrier ikke sig selv, men kræver svar på spørgsmålene og enighed om definition, monitorering og certificering og ikke mindst spørgsmålet om den mulige finansiering. Svar man burde have haft allerede nu, og som bør adresseres i det kommende arbejde med en standard certificering af kulstofoptag i EU.

HVAD BETYDER LANDBRUGETS KLIMAREDUKTIONER FOR SAMFUNDSØKONOMIEN?

Af Lars Gårn Hansen, Professor ved Københavns Universitet, Miljøøkonomisk Vismand

Introduktion

Danmark har et mål om at reducere de danske klimagasudledninger i 2030 med 70% i forhold til udledningen i 1990. Alt andet lige er det en fordel at nå dette mål på den måde, der giver de færrest mulige samfundsøkonomiske omkostninger. Hver milliard, regningen for klimapolitikken bliver større end nødvendigt, er en milliard, den danske befolkning ikke kan bruge på fx ældreforsorg, daginstitutioner eller privat forbrug.

Herudover tilsiger hensynet til klimaet, at 70%-målet nås så omkostningseffektivt som muligt. Det skyldes, at de danske udledninger udgør under 0,2% af verdens samlede udledninger og derfor er helt marginale i forhold til klimaproblemet. Baggrunden for den ambitiøse danske klimapolitik kan være meningsfuld i forhold til klimaproblemerne er et håb om, at hvis Danmark går foran i klimapolitikken, kan det inspirere andre lande til at gøre det samme. Hvis dansk klimapolitik skal inspirere til efterfølgelse, er det formodentligt vigtigt, at omkostningerne ved klimapolitikken ikke viser sig at være afskrækkende.

I aftalen om grøn omstilling af landbruget er det aftalt, at landbrugets udledninger skal reduceres med 55-65%, og i aftalen om Grøn skattereform er der nedsat et ekspertudvalg, der skal komme med forslag til, hvordan dette mål nås.

Men hvor vigtigt er det for klimapolitikken samfundsøkonomiske omkostninger, at landbruget når dette mål? Det korte svar er, at det er afgørende for omkostningerne ved klimapolitikken, at landbruget når nogenlunde de fastlagte mål, og at de nås nogenlunde omkostningseffektivt.

I det følgende underbygges dette svar. Det belyses også, i hvilken grad lækage-reduktion og bevarelse af jobs i landbruget kan opnås ved at friholde landbruget fra klimaregulering.

Landbrugets CO₂e-udledninger.

Landbrug står for knap 30% af CO₂e udledningen i 2030 i DØRS udgangskørsel (se DØRS, 2020). Dette scenarie bygger på Energistyrelsens basisfremskrivning med frozen policy fra 2020 og medtager ikke

nye skøn og klimaaftaler vedtaget herfter¹.

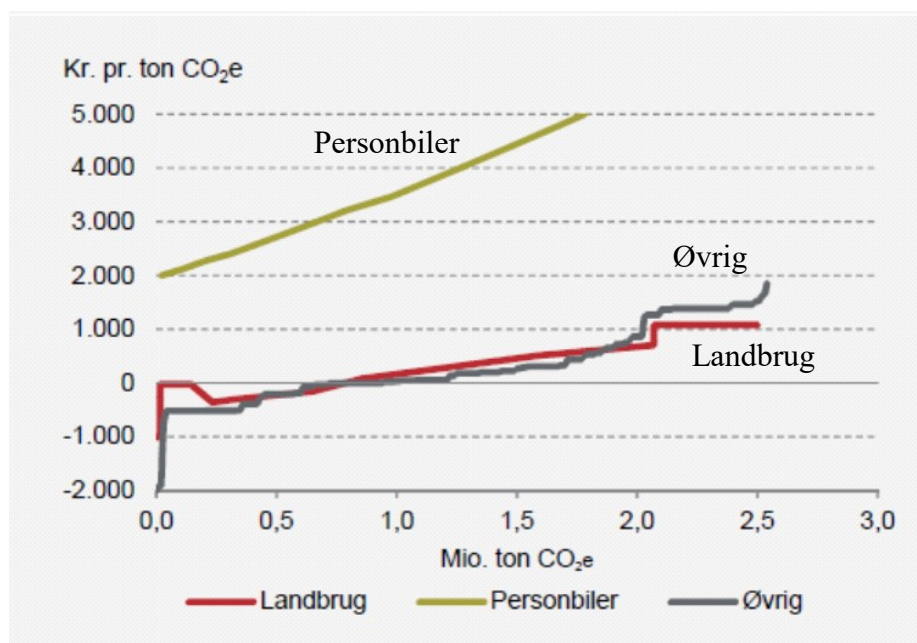
Alene fordi landbrugets udledninger udgør en betydelig andel af de samlede danske udledninger, er landbrugets bidrag vigtigt for klimapolitikken, men mere afgørende er det, at en relativt set større andel af de samfundsøkonomisk billige reduktioner findes i landbruget.

I DØRS (2020) er der foretaget en beregning af den samfundsøkonomisk billigste fordeling af reduktionsindsatsen på tværs

af sektorer, som viser, at landbruget skal levere over 35% af reduktionerne for at nå 70% målet billigst muligt, selv om landbrugets andel af udledninger kun er knap 30%. Denne andel svarer nogenlunde til de reduktionsmål, der er aftalt for landbruget i aftalen om grøn omstilling af landbruget.

Baggrunden herfor illustreres i figur 1, hvor tre forskellige sektors marginalomkostninger ved klimagasreduktioner vises. De viste kurver afspejler de marginale

Figuren 1: Marginale reduktionsomkostningskurver for landbrug, biler og resten af ikke kvote sektoren.



Anm: Kurverne for landbrug og biler er beregnet ved modellering af sektorens udledninger og omkostninger foretaget i DØRS (2018), mens kurven for øvrige udledninger fra ikke kvotesektoren er beregnet på baggrund af opgørelser fra Dansk Energi (2017) og Klimarådet (2017) foretaget i DØRS (2018).

Kilde: DØRS (2018)

¹ Tal og opgørelser I denne artikel baserer i store træk på DØRS, 2020 der er den seneste analyse fra DØRS hvor der også foretages sammenhængene analyser af de såkaldt lækage som dansk klimapolitik medfører. Lækage er det forhold at klimapolitik der reducerede CO2e udledninger i Danmark fører til modgåedne CO2e udledningsforøgelser i udlandet fx fordi et fald i dansk klimaintensiv produktion erstattes af stigende udenlandsk produktion. DØRS har foretaget opdateringer af beregningerne i M20 men ikke vedrørende lækage.

samfundsøkonomiske omkostninger ved at reducere klimagasudledningen fra hver sektor omkostningseffektivt. Figuren viser kurver for klimaudledninger, der ikke er omfattet af EU's kvotesystem: landbruget, private biler og øvrige udledere i ikke-kvote-sektoren (boliger og service erhverv).

Det første punkt på hver kurve angiver den samfundsøkonomiske omkostning ved at fjerne det ton CO₂e udledning, der er billigst at reducere for udlederene, det næste punkt det næst billigste ton osv.

De samfundsøkonomiske omkostninger omfatter udover udlederens reduktionsomkostninger også indirekte effekter på anden luftforurening (NO_x, ammoniak m.v.) og nitratudledning. Selvom udlederens reduktionsomkostninger altid er positive og stigende ud af den vandrette akse, vil de indirekte effekter typisk reducerer anden forurening, og derfor ligger dele af nogle kurver under nul, og en del af en kurve falder ud af akse.

Figuren illustrerer, at der er meget store forskelle mellem de marginale samfundsøkonomiske omkostninger ved klimareduktioner mellem sektorerne.

Reduktioner i bilsektoren er blandt de dyreste, selv om der er positive side gevinster i form af reduceret luftforurening. Det skyldes, at private biler allerede i dag er relativt hårdt beskattet. Omvendt er reduktioner i landbruget relativt billige, og en del reduktioner her giver faktisk samfundsøkonomisk overskud. Det skyldes, at landbruget ikke i forvejen er klimareguleret eller beskattet, og at mange af de tiltag, der reducerer klimaudledninger i landbruget,

giver betydelige sidegevinster i form af reduceret nitratudvaskning og ammoniakudledning. Når der er store forskelle mellem marginalomkostningerne i forskellige sektorer, vil det være en fordel, at de sektorer, hvor omkostningerne er mindst, leverer relativt flere reduktioner.

Det forhold, at landbruget står for en stor del af de udledninger, der er samfundsøkonomisk billige at reducere, og at det er endog meget dyrt at reducere i en række andre sektorer, gør at det er vigtigt for samfundsøkonomien, at landbruget leverer de billige klimareduktioner.

Dette er illustreret i tabel 1, hvor nøgletal for en klimapolitik, der sikrer, at 70% målet nås samfundsøkonomisk billigst (gennem en ensartet CO₂-afgift på alle udledninger inklusiv landbrugets), er angivet i søjle et. I søjle 2 angives de samme nøgletal for en klimapolitik, der når 70%-målet men friholder landbrugets udledninger af metan og lattergas (ved en ensartet CO₂-afgift på alle andre udledninger end CO₂e fra landbruget).

I første række angives først den nødvendige CO₂e-afgift for at nå målet. Ved en afgift på alle udledninger kræves en afgift på 1200 kr./ton. Dernæst angives den nødvendige afgift for at nå målet, hvis landbruget undtages. I så fald kræves en afgift på knap 3000 kr/ton pålagt alle øvrige udledninger.

Når landbruget ikke pålægges afgift, skal afgiften på de øvrige udledere stige for at sikre, at de leverer de manglende reduktioner for at nå målet. Den betydelige stigning i den nødvendige afgift indikerer, at

Tabel 1: Nøgletal for forskellige udformninger af klimapolitik der når 70% målet i 2030

	Billigst mulige klimapolitik	Klimapolitik hvor landbrug friholdes
Afgift	1200 kr/ton CO ₂ e pålagt alle danske udledninger	3000 kr/ton CO ₂ e pålagt alle danske udledninger undtaget landbrugets CO ₂ e-udledninger
Velfærdseffekt	-3,7 mia. kr./år (ca 820 kr per voksen om året og ca 230 kr/ton CO ₂ e reduktion)	-12,4 mia. kr./år (ca 2750 kr per voksen om året og ca 775 kr/ton CO ₂ e reduktion)
Effekter på landbrug m.v.		
- Landbrugets andel af reduktion i 2030	36%	13%
- Beskæftigelse i landbrug	-14.500 job (-25%)	-4.300 job (-7%)
- Beskæftigelse i fødevarerindustri	-4.500 job (-9%)	-1.900 job (-4%)
Effekt på beskæftigelse i alt	-1.000 job (-0,0%)	-6.300 job (-0,2%)
CO ₂ e reduktion i Danmark (mio. ton)	16,0 mio. ton	16,0 mio. ton
Co ₂ e reduktion i verden (mio. ton)	12,6 mio. ton	14,0 mio. ton
Lækagerate	23%	13%

Anm: Tabellen angiver effekter af scenarie 2 hhv. scenarie 7 fra DØRS (2020). I scenarie 2 pålægges alle udledninger en CO₂e-afgift, der sikrer, at 70%-reduktionsmålet i 2030 nås samtidig med, at alle energi- og elafgifter afskaffes (dog bibeholdes benzin- og dieselafrgifter for privatbiler). Scenarie 7 svarer til scenarie 2, hvor landbrugets CO₂e-udledninger friholdes for afgift.

Kilde: DØRS (2020)

omkostningerne ved de ekstra reduktioner i andre sektorer er væsentligt større end de omkostninger, som spares ved, at der ikke foretages reduktioner i landbruget. Den næste række i tabellen angiver de årlige samfundsøkonomiske omkostninger ved de to politikker, hvor vi ser, at omkostningerne ved klimapolitikken tredobles, hvis landbruget friholdes. Årsagen er netop, at

billige reduktioner i landbruget erstattes af dyre reduktioner i resten af økonomien.²

Konsekvenser af den billigst mulige klimapolitik

Konsekvenserne af den billigst mulige klimapolitik, der når 2030 målet (hvor landbruget leverer 36% af reduktionerne jfr. række 3), er opsummeret i tabel 1s første

¹ Bemærk, at senere opdateringer af disse beregninger (hvor nye skøn og nye klimaaftaler hvor bl.a. landbruget leverer en del af de omtalte reduktioner er indarbejdet) viser lavere afgiftssatser og samfundsøkonomiske tab (https://dors.dk/files/Notat_Opdaterede_beregninger_aug2022.pdf) men samme overordnede mønster.

søjle. Konsekvenserne for landbruget og fødevarerindustrien (jfr rækkerne 4 hhv. 5) er betydelige, idet analyserne i DØRS (2020) viser et tab af 14.500 job i landbruget svarende til 25% af alle landbrugsjob, mens tabet i fødevarerindustrien er noget mindre men også betydeligt.

Når konsekvenserne i landbruget er mærkbare, skyldes det, at meget af landbrugsproduktionen er klimagasintensiv, dvs, at der er relativt store klimaudledninger per krone værdiskabelse i landbruget. Det betyder, at klimaregulering får større konsekvenser for omkostningerne og dermed for salgspriser og afsætning i landbruget end i mange andre virksomheder, hvor CO₂-udledningen er væsentligt mindre per krone værdiskabelse.

De analyser, der ligger under beregningerne i DØRS (2020), viser, at landbruget i betydelig grad er i stand til at reducere CO₂-udledningen per produceret enhed. Alligevel betyder omkostningerne herved og afgiften af de tilbageværende udledninger, at omkostningerne ved landbrugsproduktion og dermed afsætningspriserne stiger mærkbart på især kvægproduktion, hvilket igen betyder, at dansk landbrug mister markedsandele på afsætningsmarkederne. Derfor er en af konsekvenserne af den samfundsøkonomisk billigste klimapolitik, at landbrugets produktion og beskæftigelse falder mærkbar.

Samtidig viser beregningerne, at produktion og beskæftigelse i andre mindre klimaforurenende brancher og virksomheder stiger næsten tilsvarende, så det samlede jobtab for dansk økonomi er begrænset (jfr række 6). Den billigst mulige klimapolitik

medfører således ikke, at job og produktion tabes i nævneværdig omfang samlet set, men primært at den flyttes fra mere forurenende virksomheder og brancher (herunder landbruget) til mindre forurenende virksomheder og brancher.

Velstandstabet for gennemsnitsdanskeren over 18 år er på godt 800 kr om året. Analyserne i DØRS (2021) viser dog, at selv om netto-jobtabet er begrænset, så vil en betydelig del af jobtabet ske i Jylland og i mere tyndt befolkede områder, mens mange af de nye job opstår i byområdernes industri- og servicevirksomheder.

Samtidig viser beregningerne, at der er en hvis såkaldt lækage ved at føre klimapolitik i Danmark. Lækage betegner det forhold, at når dansk klimapolitik reducerer de danske klimagasudledninger, så vil klimapolitikken også forårsage stigninger i de udenlandske klimagasudledninger, bl.a. fordi udenlandske virksomheder overtager noget af den klimaintensive produktion, som danske virksomheder opgiver.

Da klimaeffekten af klimagasser ikke afhænger af, hvor klimagasserne udledes, vil den positive klima effekt af de danske reduktioner blive modvirket en til en hvis der som følge af den danske klimapolitik sker stigninger af udledningerne i udlandet. Hvis de udenlandske stigninger har samme størrelse som de danske reduktioner, er lækageraten 100%, og så har dansk klimapolitik ingen reel effekt på klimaet. Hvis lækage raten er mindre end 100%, er der en effekt, men den reduceres svarende til lækageraten.

Rækkerne 7 og 8 i tabel 1 angiver de samlede reduktioner i Danmark hhv. i verden som følge af klimapolitikken. Vi ser, at de beregnede reduktioner i verden er mindre end de danske netop pga. lækagen. I række 8 angives lækageraten ved den førte klimapolitik.

Der er således en lækage på 23% af de danske udledninger, svarende til at udenlandske udledninger stiger med 23% af det danske fald bl.a. som følge af, at udlandet overtager en del af den klimaintensive produktion, som opgives i Danmark.

Kan jobtab og lækage reduceres ved at friholde af landbruget?

Beregningerne i DØRS 2020 viser, at lækageraten for landbrugsproduktion er større end for økonomien som helhed. Lækageraten for landbruget ved en afgift på 1200 kr er beregnet til 35%, mens den for økonomien som helhed er på 23% jfr. Tabel 1. Den beregnede lækage vil derfor kunne reduceres ved at friholde landbruget.

Friholdelse af landbruget vil også reducere jobtabet i landbrug og fødevarerindustri, hvilket fremgår af søjle 2 i tabel 1.

I anden søjle af tabel 1 angives konsekvenserne af en klimapolitik, der når 2030-målet, men hvor landbrugets metan- og lattergasudledninger undtages fra regulering. Politikken gennemføres ved at pålægge alle andre udledninger en ensartet CO₂e-afgift, der sikrer, at målet nås gennem ekstra reduktioner i resten af økonomien, der kompenserer for dem, der mangler i landbruget.

Vi ser, at friholdelse af landbruget betyder, at landbruget nu leverer væsentligt færre reduktioner (kun 13% mod før 36%) af de nødvendige reduktioner for at nå 2030 målet. Når landbruget fortsat leverer reduktioner, er årsagen, at det kun er landbrugets metan- og lattergasudledninger, der friholdes. Landbruget kommer altså til at betale CO₂-afgift af dets fossile brændstof-forbrug med denne klimapolitik, og derfor er der stadig et bidrag til reduktionsmålet i 2030.

Friholdelsen betyder dog, at konsekvenserne for landbruget reduceres mærkbart, idet jobtab i landbruget (jfr rækkerne 4) reduceres til 4.300 job i landbruget svarende til 7% af alle landbrugsjob. Ligeledes reduceres jobtabet i fødevarerindustrien. Samtidig viser beregningerne, at lækagen ved at føre klimapolitik kan reduceres betydeligt ved at undtage landbrugets CO₂e-udledninger (række 9).

Rækkerne 7 og 8 angiver de samlede reduktioner i Danmark hhv. i verden som følge af klimapolitikken. Vi ser, at de beregnede reduktioner i Danmark er uforandrede svarende til dem, der skal til for at nå 2030-målet for de danske udledninger, men at reduktionerne i verden er større netop pga. den reducerede lækage. Årsagen er, at landbrugsreduktioner med relativt større lækage nu er blevet erstattet af industri-, service- og forbrugsreduktioner med relativt mindre lækage.

Friholdelse af hele eller dele af landbrugets udledninger fra regulering kan således reducere både jobtab i fødevarersektoren og den beregnede lækage ved dansk klimapolitik. Men hvad er omkostningerne?

Omkostningerne ved at friholde af landbruget

Som allerede påpeget er de samfundsøkonomiske omkostninger ved at undtage landbruget betydelige. De betydelige manglende reduktioner ved at friholde landbruget er en af forklaringerne på, at afgiften i resten af økonomien bliver så stor (3000 kr/ton). En anden er, at en del af de øvrige sektorer, der skal tage tilpasningen, allerede er ret hårdt reguleret og derfor starter med ret høje reduktionsomkostninger jfr. ovenfor.

De samfundsøkonomiske omkostninger ved klimapolitikken stiger fra knap 4 mia. kr. om året til godt 12 mia. kr. om året, hvis landbrugets CO₂e-udledninger friholdes. Det svarer til, at klimapolitikken omkostninger per voksen danser stiger fra godt 800 kr. om året til godt 2700 kr. om året.

Samtidig viser beregningerne, at beskæftigelsen i andre mindre klimaforurenende brancher og virksomheder falder med væsentligt mere, end beskæftigelsen stiger i landbrug og fødevarerindustri, når landbrugets CO₂e-udledninger undtages. Hvor det samlede jobtab for dansk økonomi var på 1000 job, når landbruget reguleres, bliver det på 6.300 job, når landbruget friholdes (jfr. række 6).

Den billigst mulige klimapolitik medfører ikke, at job og produktion tabes i nævneværdig omfang, fordi omkostningerne ved klimapolitikken er begrænset. Når landbruget friholdes, foretages væsentligt dyrere reduktioner i andre dele af økonomien, hvorfor reallønsfaldet og dermed jobtabet bliver større, end hvis reduktionerne blev foretaget i landbruget.

Der kan imidlertid være politisk vilje til at betale disse omkostninger for at reducere de globale udledninger udover, hvad der følger af at nå 70%-målet billigst muligt, og for at reducere jobtabet i landbruget i forhold til hvad der følger af at nå 70%-målet så billigt som muligt.

Tabel 2 viser i første række disse omkostninger per ekstra ton global CO₂e-reduktion opnået ved at friholde landbruget. I anden række vises de samme omkostninger per job reddet i landbrug og fødevarerindustri ved at friholde landbruget. Beregningerne bygger på tabel 1.

Ser vi på første række i tabel 1, er det klart, at velfærdstab per ton ekstra global CO₂e-reduktion (6100 kr/ton) er betydeligt og væsentligt større end afgiftssatsen på 1200 kr. ved den billigste klimapolitik. Afgiftssatsen svarer til de marginale samfundsøko-

Tabel 2: Omkostninger ved lækagereduktion og jobbevarelse i landbruget

	Velfærdstab	Job tab
Omkostninger per ton ekstra global CO ₂ e reduktion ved at reducerer lækage gennem at friholde landbrug	6.100 kr/ton CO ₂ e	0,004 job tabt/ton CO ₂ e
Omkostninger per job reddet i landbrug og fødevarerindustri ved at friholde landbrug	1,0 mio kr/år per reddet landbrugsjob	1,4 job tabt i andre sektorer per reddet landbrugsjob

nomiske omkostninger ved yderligere danske klimareduktioner udover 70%-målet³.

Normalt ville man forvente, at betalingsviljen for danske reduktioner var større eller eventuelt af samme størrelse som betalingsviljen for reduktioner i udlandet. I tillæg vil yderligere globale reduktioner gennem at friholde landbruget betyde et jobtab for dansk økonomi på 3800 job per mio. ton ekstra årlig global CO₂e-reduktion.

Når lækagereduktionen vurderes, er det dog vigtigt at være opmærksom på to forhold. Dels er lækageberegningen foretaget under den antagelse, at kun EU fører bindende klimapolitik. Det er sandsynligt, at flere lande end EU fører og hen ad vejen kommer til at føre bindende klimapolitik, hvilket vil betyde, at navnlig landbrugets lækagerate vil blive reduceret. Samtidig er en betydelig del af resten af økonomien omfattet af EU's kvotemarked.

Lækagen gennem kvotemarkedet er forholdsvis lille frem mod 2030 pga. af spillet mellem reglerne for stabilitetsmekanismen og det forhold, at der frem mod 2030 vil være et overskud af kvoter på markedet. Efter 2030 ændres dette, så lækagen over kvotemarkedet nærmer sig 100%. Dermed bliver lækageraten for resten af økonomien formodentligt større end lækageraten for landbruget.

Derfor vil friholdelse af landbruget efter 2030 formodentligt betyde en *reduktion* af de globale udledningsreduktioner efter

2030 og ikke den forøgelse, som er angivet i tabel 1 og 2 for året 2030.

Samlet set er lækageargumenter for at friholde landbruget svagt og usikkert frem mod 2030 og formodentligt ikke længere relevant, når man kommer op i 2030'erne.

Ser vi på anden række i tabel 1, er det klart, at velfærdstabet per job reddet i landbrug og følgeindustri ved at friholde landbruget er betydeligt svarende til ca. 1 mio. kr per job per år. Dette er væsentligt mere end gennemsnitsaflønningen for job i landbruget og skal sammenholdes med, at der samtidig mistes 1.4 job i andre dele af dansk økonomi.

Den politiske betalingsvilje for at bevare job i netop landbruget skal altså være betydelig for at en klimapolitik, der friholder landbruget, bliver attraktiv. Er der politisk vilje til at betale disse omkostninger, er gevinsten i form af bevarede job i landbruget dog væsentligt mere sikker end lækagegevinsten.

Konklusion

Overvejelserne i denne artikel tegner et klart billede af, at landbrugets bidrag til klimareduktionerne frem til 2030 er afgørende for de samfundsøkonomiske omkostninger ved den danske klimapolitik.

Det er også klart, at gevinster i form af reduceret lækage ved en lempeligere regulering af landbruget er usikre og på længere sigt formodentligt ikke-eksisterende. Derimod er gevinsterne i form af bevarede

¹ Afgiftssatsen svarer til udledernes reduktionsomkostninger og kan derfor være større end de marginale samfundsøkonomiske omkostninger, hvis reduktionen også medfører reduceret luftforurening mv.

landbrugsjob ved at friholde landbruget betydeligt mere sikre men også dyrt købte i form af endnu flere mistede job i andre dele af økonomien og reduceret velfærd for gennemsnitsdanskeren.

De resultater, der er præsenteret, og konklusioner, der er draget i artiklen, afhænger naturligvis af de konkrete scenarier, der er beregnet konsekvenser for, og der er ikke meget, der tyder på, at landbrugets CO₂-udledninger helt vil blive friholdt fra regulering.

De målsætninger for landbruget, der er aftalt politisk, lægger i stedet op til reduktioner, der i omfang svarer til dem, den samfundsøkonomisk billigste klimapolitik tilsiger. Beregningerne i denne artikel illustrerer dog, at afvigelser herfra kan blive ganske dyre samfundsøkonomisk, og at de mulige gevinster i form af bevarede landbrugsjob kan være dyrt betalt i form af et endnu større jobtab i andre dele af økonomien og velfærdstab for gennemsnitsdanskeren.

Referencer

Dansk Energi (2017): Lad energisektoren løfte Danmarks klimaindsats. Bidrag til opfyldelse af klimamål 2021-30 ved grøn omstilling af transport, erhverv og opvarmning.

DØRS (2018): De Økonomiske Råds formandskab (2018), Økonomi og Miljø. 2018.

DØRS (2020): De Økonomiske Råds formandskab (2020), Økonomi og Miljø. 2020.

Klimarådet (2017): Omstilling frem mod 2030. Byggeklodser til et samfund med lavere drivhusgasudledninger.

BIOGAS GIVER KLIMAFORDELE I BÅDE LANDBRUGET OG DET ØVRIGE SAMFUND

Af Bruno Sander Nielsen. Faglig direktør Biogas Danmark

Såfremt de allerede politisk aftalte støtteordninger til biogasproduktion fremrykkes, vil biogas allerede i 2027 kunne dække gasforbruget 100 procent i Danmark. Produktion og anvendelse af biogas har en dobbelt klimaeffekt, idet metanudledningen fra husdyrgødningen mindskes, og den opsamlede biogas kan efterfølgende substituere fossil naturgas eller diesel. Klimagasudledningen kan ved en produktion på 60 PJ biogas i 2035 reduceres med netto 5,4 millioner ton CO₂-ækvivalenter, heraf en reduktion på 1,2 millioner ton i landbruget.

Introduktion

Biogasproduktion på basis af landbrugets ressourcer har mange år på bagen. De første skridt blev taget af landmænd, der eksperimenterede med gårdanlæg efter den første energikrise i første halvdel af halvfjerdsene som et bidrag til at gøre Danmark mindre afhængig af importeret olie.

Senere i halvfjerdsene blev der igangsat det første af flere koordinerede biogasprogrammer finansieret i fællesskab af Landbrugs-, Miljø- og Energiministerierne, og fra midten af 1980'erne blev der via anlægstilskud skubbet på en teknologiudvikling af fællesanlæg. Dermed blev etablering af biogasfællesanlæg en mulighed for landbruget til at leve op til de den gang nye vandmiljøkrav.

På samme måde er en yderligere biogasudbygning et effektivt redskab til, at ikke alene landbruget kan nå 70 procents klimamålet, men også at biogasudbygningen kan skubbe på industriens samt transport-, energi- og affaldssektorerne klimamål.

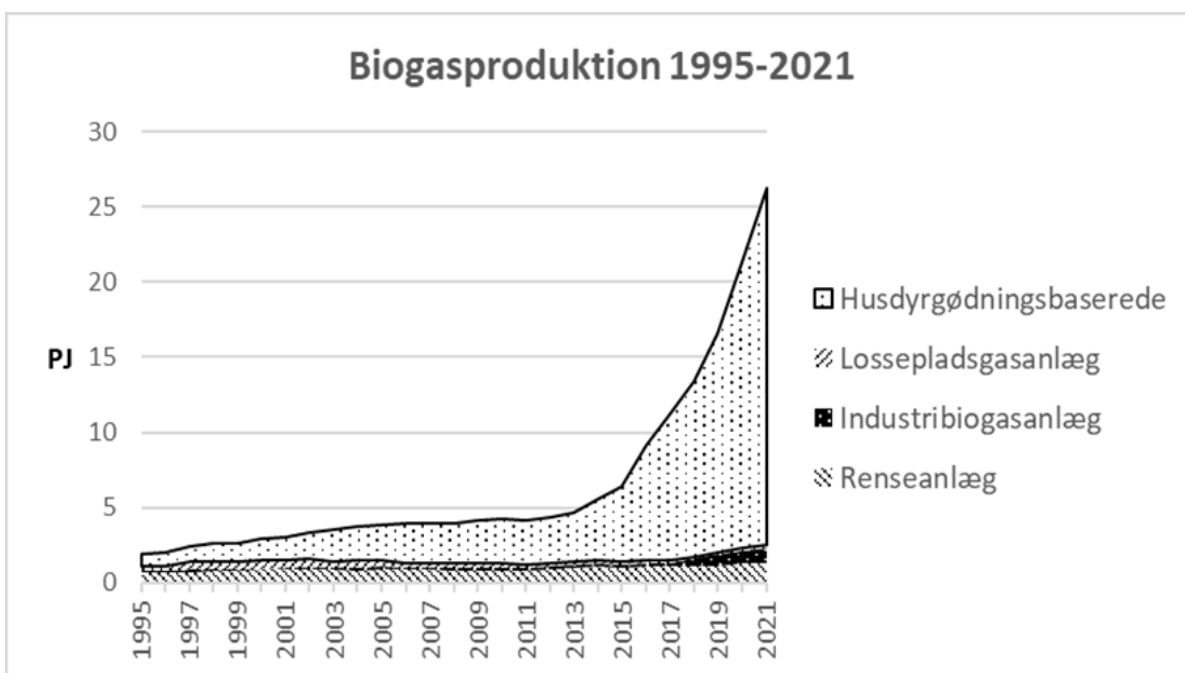
I denne artikel beskrives med baggrund i Biogas Danmarks Biogas Outlook 2022 den forventede biogasudbygning og de deraf afledte klimagevinster (Biogas Danmark 2022b).

Kraftigt stigende biogasproduktion

Inden for de senere år er biogasproduktionen mere end femdoblet fra ca. 4,5 PJ i 2012 til 26,2 PJ i 2021. Som det fremgår af figur 1, er hele den markante stigning sket på de landbrugsbaserede biogasanlæg, hvor gylle udrådnes sammen med restprodukter fra industri, husholdninger og industri (Biogas Danmark 2022a).

Den meget markante biogasudbygning er en følge af energiforliget i 2012, hvor der blev vedtaget en forbedring af tilskuddet til elproduktion, men væsentligst blev der vedtaget den såkaldte tilskudsmæssige ligestilling, så der opnås samme tilskud, når biogassen opgraderes og tilføres gasnettet (Anon. 2012). Ved opgraderingen fjernes

Fig. 1. For 25 år siden blev 60 pct. af biogassen produceret på kommunale og industrielle renseanlæg og udvundet fra lossepladser. Nu produceres over 90 pct. af biogassen på landbrugsbaserede biogasanlæg (Biogas Danmark 2022a).



biogassens CO_2 -indhold, inden metan-indholdet tilføres gasnettet.

Dermed fjernes en væsentlig begrænsende faktor for biogasudbygningen, idet man ikke er afhængig af varmeafsætning i det lokale fjernvarmeværk. Til gengæld er opgraderet biogas nu en internationalt handlet vare, og i 2021 blev over 80 procent af den danske produktion af opgraderet biogas eksporteret, idet udenlandske kunder har købt de oprindelsesgarantier, Energinet udsteder for hver MWh biogas, der tilføres gasnettet (Energinet 2022).

Selv om biogassen dermed i stor stil eksporteres, så bliver gevinsterne i Danmark. Både klimagevinsten ved at biogas erstatter naturgas i gasnettet og bidraget til opfyldelse af Danmarks VE-forpligtelser i forhold til EU. Det samme gælder de fordele, der er i landbruget i og med, at husdyr-

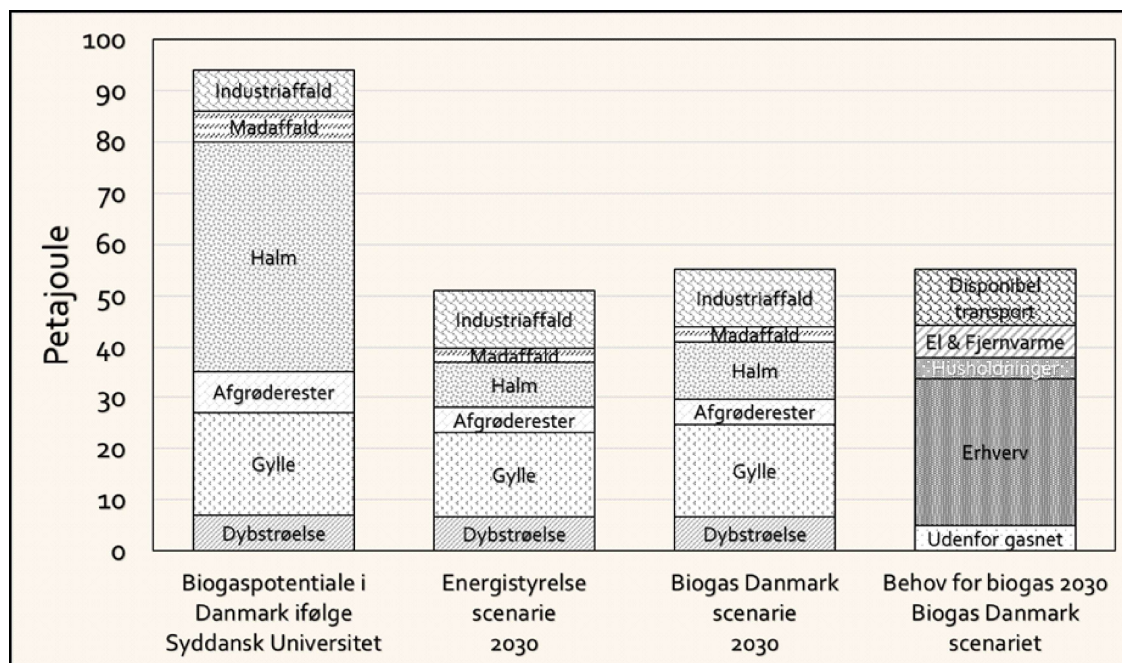
gødningen afgasses og dermed udleder mindre metan fra stald og lager og den mindre risiko for kvælstofudvaskning (Olesen et al. 2020).

Meget stort biogaspotentiale

Der er potentiale for en langt større biogasproduktion. Syddansk Universitet og Seges opgjorde i en rapport for Energistyrelsen i 2020 potentialet til ca. 94 PJ (Wenzel et al. 2020). Det fremgår af figur 2, at gylle og dybstrøelse udgør godt 20 procent af potentialet, mens halm udgør knap halvdelen.

I figur 2 fremgår også Biogas Danmarks vurdering af biomassegrundlaget for en fortsat biogasudbygning frem mod 2030 (Biogas Danmark 2022b). Grundlaget for fremskrivningen er, at alle biogasanlæg,

Figur 2. Det samlede biogaspotentiale er på over 90 PJ, og selv med en markant øget biogasproduktion frem mod 2030 til 100 procents dækning af gasforbruget er der rigelige ressourcer til også at levere til transportsektoren. Kilde: Biogas Danmark 2022b).



som er i drift inden udgangen af i år, i henhold til energiaftalen fra 2018 er garanteret støtte til en fast produktion af biogas i op til 20 år (Anon. 2018). Samtidig har Folketinget med klimaaftalen for energi og industri fra 2020 vedtaget en ny udbudsordning for yderligere biogasproduktion (Anon. 2020).

Energistyrrelsen vurderer, at der i 2030 kan produceres op til 42 PJ inden for den eksisterende støtteordning, og i de nye udbud forventes op til 10 PJ (Energistyrrelsen 2022a). Der er dermed inden for de allerede besluttede støtteordninger mulighed for en fordobling af den danske biogasproduktion fra 26 PJ i 2021 til 52 PJ i 2030.

Der fremgår to scenarier i figur 2. Energistyrrelse scenariet er et såkaldt frozen policy scenarie baseret på allerede udmøntede politiske beslutninger, herunder at de nye

udbud strækkes ud frem til 2030. I Biogas Danmark scenariet er der antaget, dels en lidt hurtigere udbygning ved fremrykning af de vedtagne udbud, dels hurtigere reduktion i gasforbruget som følge af den nye forsyningsmæssige situation med Ruslands invasion af Ukraine. Inden for de af politikerne besluttede støtteordninger vil biogas kunne erstatte naturgassen fuldt ud, så det danske gasforbrug bliver 100 pct. dækket af fornybar biogas allerede fra 2027.

Endvidere antages en yderligere produktion af ustøttet biogas, som afsættes til transportsektoren.

Sidstnævnte er et eksempel på, at markedstræk baseret på for eksempel CO₂-fortrængningskrav kan øge biogasproduktionen udover det, der er basis for inden for støtteordningerne.

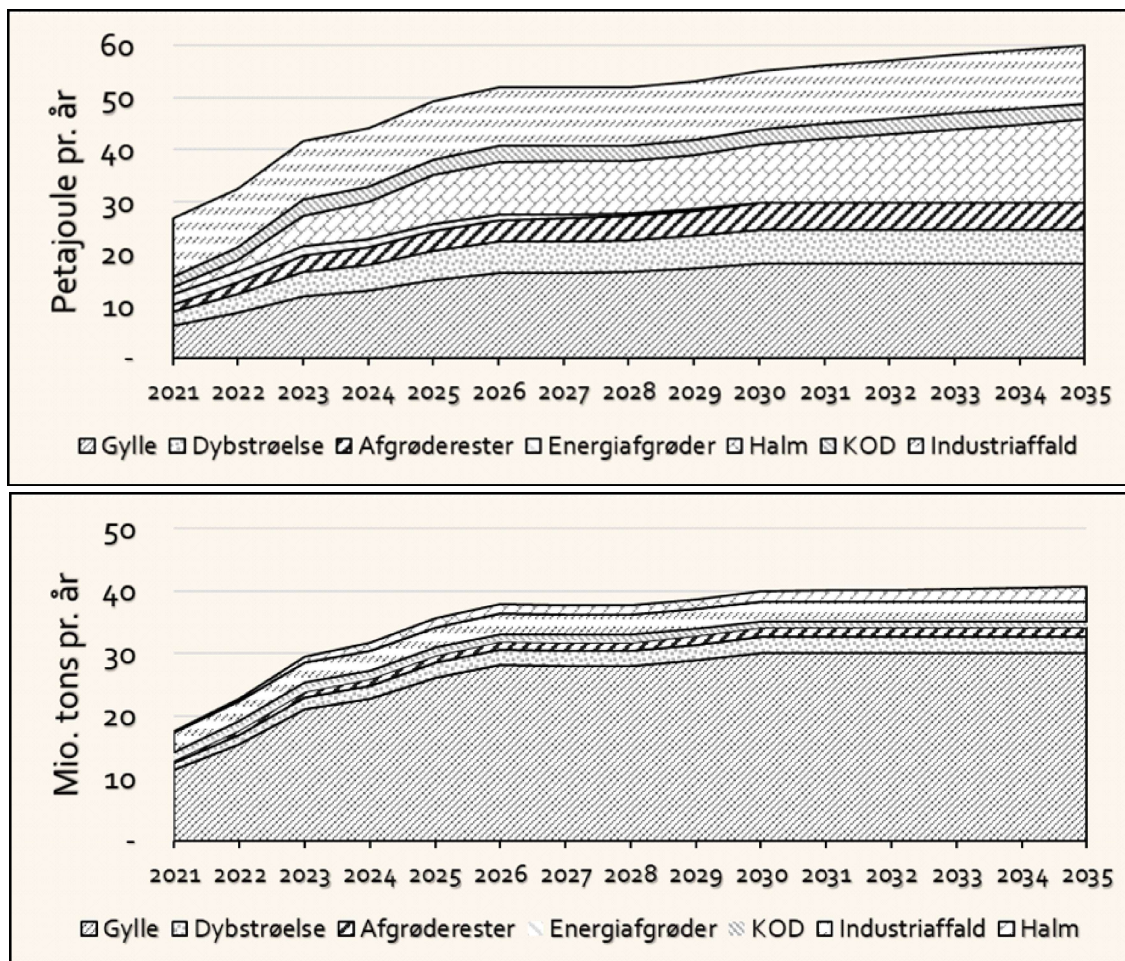
Klimaeffekter af den fremtidige biogasudbygning

Når gyllen afgasses i biogasanlæg, mindskes landbrugets udledning af metan (Olesen et al. 2020). Når biogassen derefter erstatter fossil energi såsom naturgas, mindskes udledningen af CO₂. Med denne dobbelte klimagevinst i både landbruget og energisektoren er biogas et særligt effektivt klimaredskab. Dette udtrykkes klart i VE-direktivet, hvor det fremgår, at udslippet af klimagasser mindskes med op til 200 procent ved produktion og anvendelse af biogas fra husdyrgødning (EU 2018).

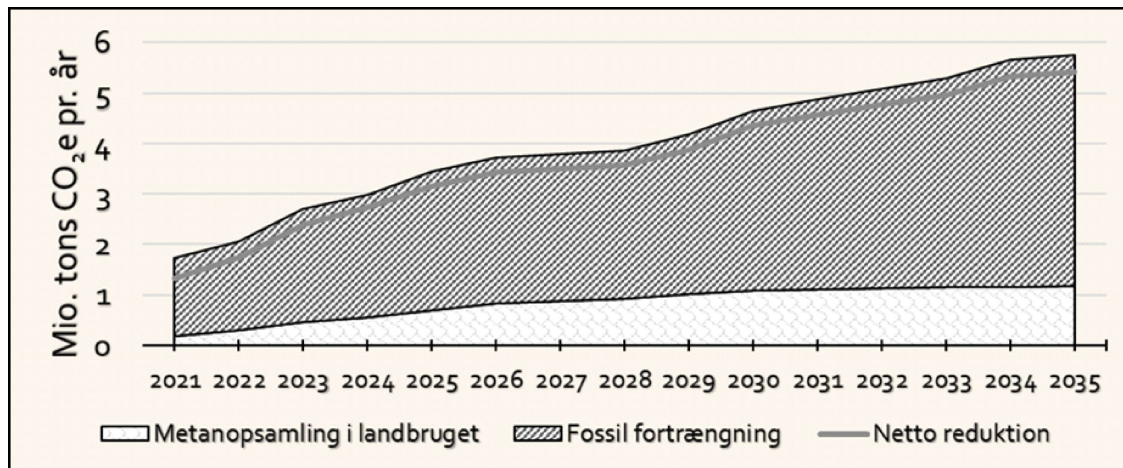
Størrelsen af klimagevinsten afhænger naturligvis af biomassesammensætningen. Biogas Danmark har i Biogas Outlook 2022 analyseret klimagevinsten af en sandsynlig biomassesammensætning i såvel Energi-styrelse scenariet som Biogas Danmark scenariet (Biogas Danmark 2022b).

I figur 3 fremgår oprindelsen af biogassen fordelt på forskellige biomassetyper. Endvidere fremgår det, hvor mange ton af de forskellige biomasser, der forventes afgasset frem mod en samlet biogasproduktion på 60 PJ i 2035. Det forventes, at op til to tredjedele af husdyrgødningen

Figur 3. Biogas Danmark forventer, at biogasproduktionen kan stige til 60 PJ i 2035. I øverste figur fremgår den forventede biogasproduktion opdelt på forskellige biomassetyper. Husdyrgødning forventes at levere ca. 40 pct. af biogassen, hvorimod det af nederste figur fremgår, at husdyrgødning udgør langt den største tonnage. (Kilde: Biogas Danmark 2022b).



Figur 4. Der er en nettoklimagevinst på ca. 5,4 mio. ton CO₂-ækvivalenter i 2035 ved produktion og anvendelse af 60 PJ biogas, heraf 1,2 mio. ton CO₂-ækvivalenter i landbruget. Kilde: Biogas Danmark 2022b.



og op mod en tredjedel af den tilgængelige halmressource vil blive afgasset.

Figur 4 angiver klimagevinsten ved den stigende produktion og anvendelse af biogas i Biogas Danmark Scenariet. Klimagasudledningen forventes netto at kunne reduceres med 5,4 mio. ton CO₂-ækvivalenter i 2035, heraf 1,2 mio. ton i landbruget. Det er antaget, at en stigende del af gyllen bliver hyppigt udsluset fra staldene i overensstemmelse med landbrugsaftalen fra oktober 2021 (Anon 2021). I nettoklimaeffekten er modregnet det klimabidrag, der er på biogasanlæggene til procesenergi og transport samt tab af metan.

Tab af metan forventes minimeret, da biogasanlæg fra 2023 skal gøre en særlig indsats for at være støtteberettiget. Betingelserne er endnu ikke endeligt udmøntet, men forventes at omfatte udarbejdelse af egenkontrolprogrammer, årlige lækagesøgninger foretaget af tredjepart samt udarbejdelse og gennemførelse af en udbedningsplan, såfremt der findes væsentlige kil-

der til metanudledning (Energistyrelsen 2022b).

Derudover skal der gennemføres en kvantificering af metantabet fra udvalgte punktkilder: opgraderingsan-lægget og motoranlæg.

Der forventes en stigende nyttiggørelse af halm i biogasanlæggene. Inden for de seneste planperioder er anvendelsen af halm mangedoblet – fra ca. 14.000 ton i 2015/16 til ca. 193.000 ton i 2021/22.

Syddansk Universitet har vurderet, at selv om en del af halmens kulstofindhold omsættes til CO₂ og metan ved udrådningen i biogasanlæggene, så går det ikke ud over den langsigtede kulstoflagring i jorden. Den del af halmen, som omsættes i biogasanlæggene, ville alligevel blive omsat i jorden inden for ganske få år. Til gengæld kan den producerede biogas erstatte store mængder fossil energi (Hansen et al. 2020).

Med den stigende afgasning af halm må det samtidig forventes, at en betydelig del af den afgassede biomasse vil blive separeret, da der vil være et højt tørstofindhold i den afgassede biomasse. Ved separationen opnås en væskefraktion med høj gødningsværdi, mens fiberdelen enten kan afsættes direkte som jordforbedringsmiddel eller anvendes som råvare i pyrolyseanlæg, hvorefter kulstoffet kan langtidslagres i jorden i form af biochar (Elsgaard et al. 2022). Hermed kan halmressourcen udnyttes flere gange med optimal klimaeffekt.

Stigende værdi af biogassen

Den ulykkelige situation, der er opstået med Ruslands krig i Ukraine, har skabt store forandringer på energimarkederne i form af stigende markedspriser for gas. I figur 5 fremgår børsværdien af den producerede biogas og tilskuddene til biogas-

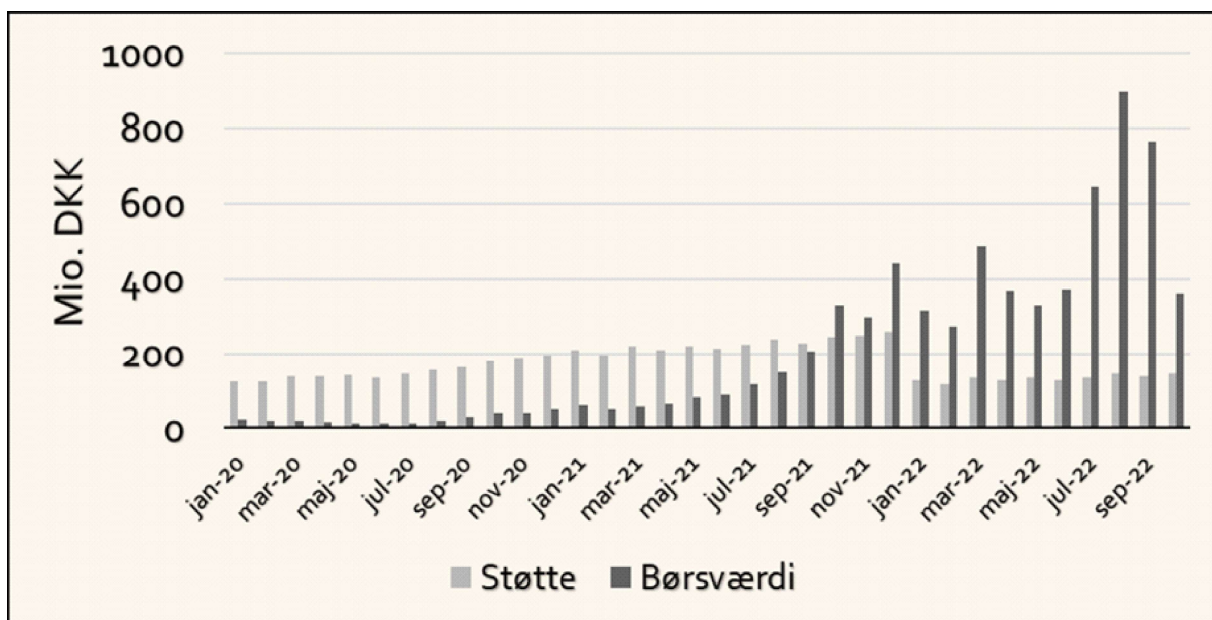
produktionen. Nu er støtten markant mindre end markedsværdien af biogassen.

Da Europas gasforbrug marginalt ville skulle dækkes med russisk gas, har den danske biogasproduktion direkte erstattet køb af gas i Rusland for 5 milliarder kroner i de første tre kvartaler af 2022 (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2022). Dette har forbedret den danske betalingsbalance og har samtidig reduceret Ruslands indtægter for salg af naturgas.

Konklusion

Afgasning af husdyrgødning sammen med restprodukter fra landbrug, industri og husholdninger er et effektivt klimaredskab, som kan reducere drivhusgasudledningen såvel i energisektoren som i landbruget. Den danske biogasbranche har mulighed for at erstatte Danmarks forbrug af fossil naturgas med fornybar biogas allerede fra

Figur 5. Inden for de seneste 18 måneder er de økonomiske forhold for biogasproduktionen vendt på hovedet fra, at støtten har været højere end markedsværdien af biogassen på børsen til, at støtten nu kun udgør en mindre andel.



2027, såfremt der politisk er vilje til at fremrykke de allerede aftalte udbudspuljer. Med det aftalte forløb af de kommende udbudspuljer vil Danmarks gasforbrug kunne dækkes af biogas fra 2030. Udover det dobbelte klimabidrag, bidrager den hurtigt voksende danske biogasproduktion også markant til at forbedre betalingsbalancen, idet produktionen af biogas erstatter import af naturgas fra Rusland. Derudover bidrager recirkuleringen af næringsstoffer med den afgassede biomasse til at mindske effekterne af de stærkt stigende gødningspriser.

Litteratur:

Anon. 2012. Aftale mellem regeringen (Socialdemokraterne, Det Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti) og Venstre, Dansk Folkeparti, Enhedslisten og Det Konservative Folkeparti om den danske energipolitik 2012-2020. [Energiaftalen 22. marts 2012 | Energistyrelsen \(ens.dk\)](#)

Anon 2018. Energiaftale af 29. juni 2018. [energiaftale2018.pdf \(kefm.dk\)](#)

Anon 2020. Klimaaf tale for energi og industri mv. 2020 af 22. juni 2020. [Klimaaf tale for energi og industri mv. 2020 \(fm.dk\)](#)

Anon. 2021. Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug af 4. oktober 2021 mellem regeringen, Venstre, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti, Nye Borgerlige, Liberal Alliance og Kristendemokraterne. [Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug \(fm.dk\)](#)

Biogas Danmark 2022a. Egne beregninger på basis af oplysninger fra Energistyrelsen.

Biogas Danmark 2022b. Biogas Outlook 2022, www.biogas.dk

Elsgaard et al. 2022. Knowledge synthesis on biochar in Danish agriculture. [DCA publikationer \(au.dk\)](#)

Energinet 2022. [Certifikater på biogas i tal | Energinet](#)

Energistyrelsen 2022a. Klimastatus og -fremskrivning 2022. [Klimastatus og -fremskrivning 2022 | Energistyrelsen \(ens.dk\)](#)

Energistyrelsen 2022b. Høring af udkast til bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om bæredygtighed og besparelse af drivhusgasemissioner for biomassebrændsler og flydende biobrændsler til energiformål, m.v. (nye regler om begrænsning af metantab). [Høringsdetaljer - Høringsportalen \(hoeringsportalen.dk\)](#)

Hansen et al. 2020. Agricultural residues bioenergy potential that sustain soil carbon depends on energy conversion pathways. [Agricultural residues bioenergy potential that sustain soil carbon depends on energy conversion pathways - Hansen - 2020 - GCB Bioenergy - Wiley Online Library](#)

Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2022. Svar til Klima-, Energi- og Forsyningsudvalget på spørgsmål 538 om hvor stort et beløb den danske biogasproduktion har sparet på den danske betalingsbalance. [KEF Alm.del - endeligt svar på spørgsmål 538: Svar på KEF alm.del spm. 538.pdf \(ft.dk\)](#)

Olesen, et al. 2020 Bæredygtig Biogas – Klima og miljøeffekter af biogasproduktion, Aarhus Universitet, DCA. [DCArapport175.pdf \(au.dk\). energiafgroedeanalysen_med_bilag.pdf \(ens.dk\)](#)

Wenzel, H. et al. 2020. Energiafgroedeanalysen. SDU og Seges ISBN: 978-87-93413-18-4.

EU 2018. Europa-Parlamentets og Rådets direktiv (EU) 2018/2001 af 11. december 2018 om fremme af anvendelsen af energi fra vedvarende energikilder. [EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV \(EU\) 2018/ 2001 - af 11. december 2018 - om fremme af anvendelsen af energi fra vedvarende energikilder](#)