

# Enheder for værdiansættelse af biomassen i en cirkulær økonomi

*Karen Jørgensen, Ledelse & Økonomi og Søren Bisp, Strategi & Vækst*

---

## Indhold

Indledning .....	1
Enheder til beskrivelse af biomasse .....	2
Det vi har anvendt i projektets gådrapporter .....	3
Klimaaftryk opgjort i CO <sub>2</sub> e .....	5
Protein .....	6
Energi - Biomasse og biogas .....	9
Perspektivering .....	12

## Indledning

Det har ved projektarbejde med cirkulær økonomi (CØ) i 2021 og 2022 vist sig, at det måske kan være nyttigt, at landmanden og erhvervet som helhed kan arbejde med flere forskellige enheder for bæredygtighedsindsatserne i en cirkulær energi.

Brugen af enheder er en grundlæggende diskussion og øvelse og i mange sammenhænge som funktion af, hvad man ønsker at illustrere. Vi har valgt at tage denne diskussion med i et projektnotat som et element i at forstå hvilke parametre, vi kan skrue på for reel ressource- og miljøpåvirkning samt for landmandens forretning.

Cirkulær økonomi inden for landbruget indeholder mange forskellige materialer og produkter, hvilket gør det udfordrende at værdiansætte med henblik på bedst mulig ressourceudnyttelse. Det kan have relevans at anvende enheder som CO<sub>2</sub> ækvivalenter, protein, kilojoule, fiberindhold, kulhydrat og naturligvis ressourcernes økonomiske værdi, hvilket kan have betydning for hvilke afgrøder der synes mest hensigtsmæssige at dyrke og udnytte. Ligeledes kan det diskuteres, om det er enhed per arealenhed, vægtenhed eller måske i forhold til landmandens økonomiske udbytte.

I takt med den teknologiske udvikling kan billedet også ændre sig, da nyudviklede tiltag ændrer billedet på, hvad der er fordelagtigt at dyrke. Her taler vi om TRV, Technology Readiness Level, til at



Udover værdiansættelsen drejer det sig i den cirkulære økonomi også om produktionens udledning af drivhusgasser. Vi tilstræber mere cirkulær økonomi blandt andet for at reducere denne udledning.

- Den påvirkning produktionen – og måske i højere grad, når der er tale om cirkulær økonomi den sparede produktion kan have i form af udledte drivhusgasser (CO<sub>2</sub>e).

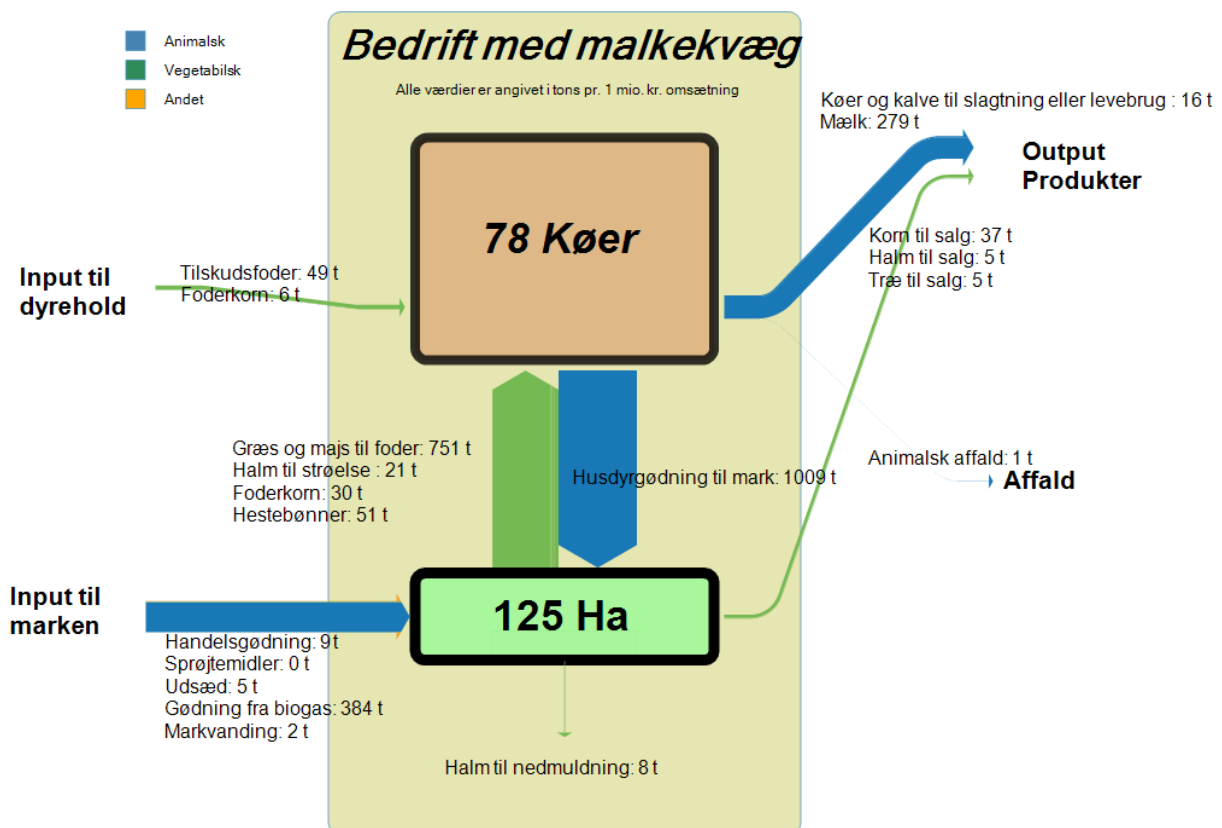
Endelig taler vi om de forholdsenheder som vi sætter ressourceenhederne i relation til. Det er i den relative betragtning, at vi kan belyse efficiens og dermed forfølge en vigtig pointe for den cirkulære økonomi: Mere med mindre!

- De forholdsenheder som produktionen og dens sidestrømme kan repræsenteres ved (volumen- eller vægtenheder, omsætning, areal, antal ansatte).

## Det vi har anvendt i projektets gådrapporter

Diskussionen af enheder udspringer af projektets første opgave med at ville illustrere strømme af biomasse ind i, rundt i og ud af en landbrugsbedrift. Den enhed vi bedst og umiddelbart kunne skaffe sammenlignelige data på biomassen for var vægt (tons). Idéelt set tons tørstof af en given biomasse, men vi har arbejdet med den registrerede bruttovægt. Og så langt så godt.

Vi skulle også anvende en forholdsenhed, som gjorde at vi over tid måske ville kunne sammenligne bedrifter. Landmændene efterspurgte benchmarks, for at kunne få en idé om de kunne hente mere værdi. Antal ansatte ses ofte anvendt, men på grund af de meget forskellige produktionsformer, forskellige niveauer af manuel arbejdskraft og usikre data blev den enhed valgt fra. I landbruget vil areal, altså en eller anden faktor per hektar, også være umiddelbart oplagt, men igen stod vi med svært sammenlignelige produktioner. Som vist nedenfor i Figur 2, endte vi med at vælge tons per 1 million kroner i omsætning. Omsætning følger landbrugsbedriftens output og er derfor en funktion af ressourcestrømmen – og vi kunne skaffe data.



**Figur 2. Biologiske ressourcestrømme på en landbrugsbedrift præsenteret i et strømdiagram. Opgjort i tons pr. 1 mio. kr. omsætning. Kilde: Herværende projekt**

Da vi også havde sat os for at værdiansætte ressourcestrømmene for at se på den vej at forsøge at optimere på ressourceøkonomi, klimaregnskab og landmandens økonomiske bundlinje gik det galt. Hvad er værdien af et ton halm? Eller af et ton gylle? Det afhænger helt af, om det anvendes som gødning eller i energiproduktion. Og hvad nu hvis man trak lignin ud af halmen inden den blev nedmuldet eller afbrændt? Og hvad kan sidestrømmen af biogasproduktionen sælges til? Det er ikke fordi diskussionen er ny eller umulig at håndtere, men den har ligget udenfor det vi kunne og skulle arbejde med i projektet. Landmanden er i øvrigt også godt trænet i at "handle" hele sin produktion og forsøger til enhver tid at maksimere prisen på sin produktion.

Det der forstyrrer regnestykket og dermed brug af enheder i den cirkulære økonomi er de mange alternative anvendelser og bundlinjer. Nedenfor deler vi lidt flere detaljer af vores diskussioner.

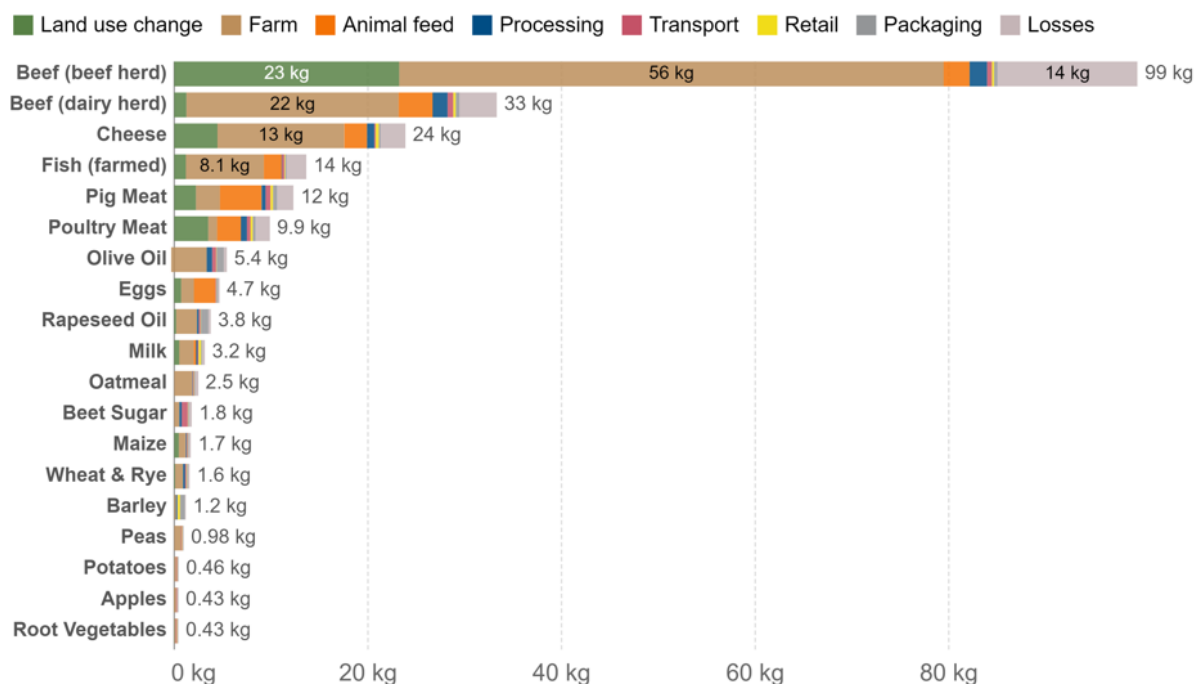
## Klimapåvirkning opgjort i CO<sub>2</sub>e

CO<sub>2</sub> ækvivalenter, typisk skrevet CO<sub>2</sub>e (e for *equivalent*) dækker over, at drivhusgasemissioner kan udtrykkes i form af CO<sub>2</sub> baseret på deres relative globale opvarmningspotentiale. CO<sub>2</sub>e er en viderebygning af det typiske CO<sub>2</sub>-mål, hvor man i CO<sub>2</sub> også medtager drivhusgasser som metan og lattergas.

### Food: greenhouse gas emissions across the supply chain

Our World in Data

Greenhouse gas emissions<sup>1</sup> are measured in carbon dioxide-equivalents (CO<sub>2</sub>e)<sup>2</sup>.



Source: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science. OurWorldInData.org/environmental-impacts-of-food • CC BY

**Figur 3: Udlægning af drivhusgasser per kilo produceret fødevarer (typiske danske råvarer).**

Kilde: [Our World in Data](https://www.ourworldindata.org/)

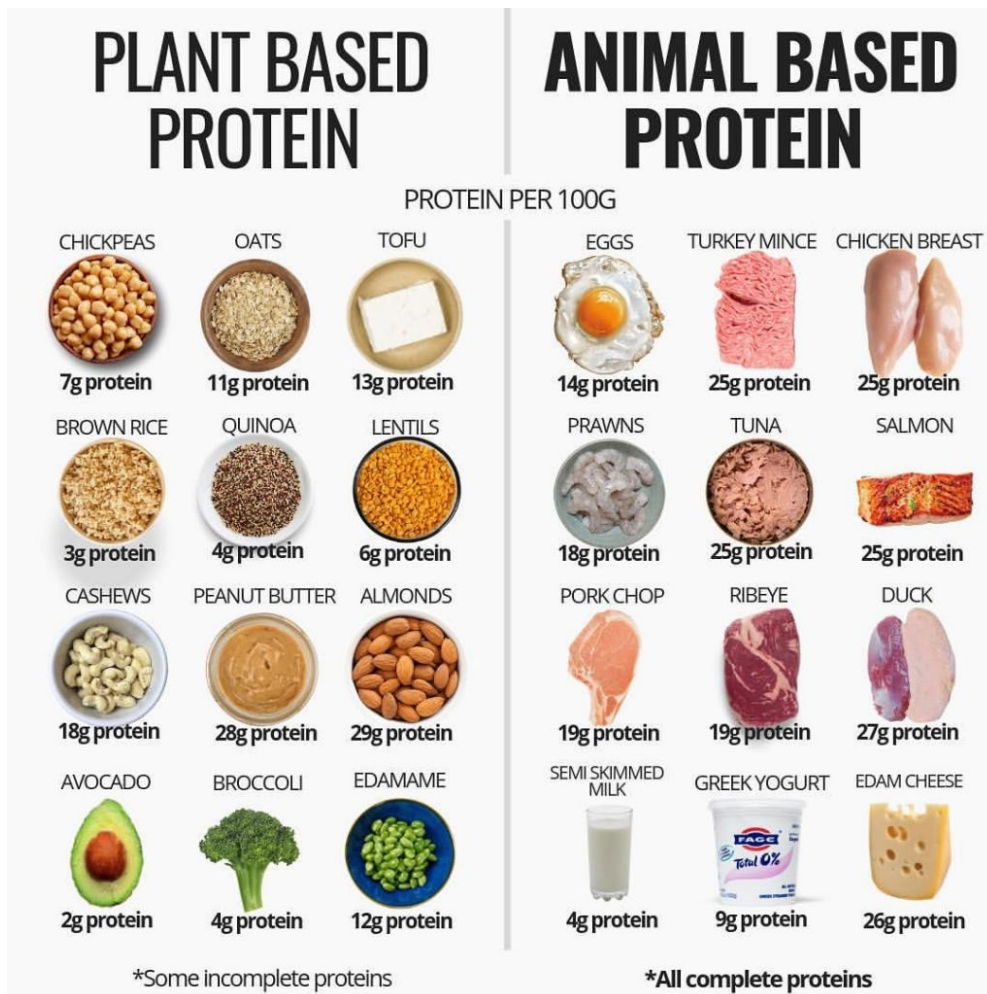
Denne form for opgørelse peger på, hvilke fødevarer der er at foretrække i forhold til deres klimapåvirkning. Dette kunne give en tilskyndelse til at højne produktionen af fødevarer med lav CO<sub>2</sub>e påvirkning, hvilket alt andet lige vil påvirke senere kaskadeudnyttelser med samme relative klimapåvirkning. Vi skriver meget bevidst "alt andet lige" fordi vi ikke har indsigt i eventuel procespåvirkning ved eksempelvis en bioraffinering af pressekagen fra produktion af græsprotein (her kan eksempelvis hentes sukkerarter til produktion af polypropylen).

Udlægning af drivhusgasser udtrykt ved CO<sub>2</sub> ækvivalenter er ikke en enhed der kan vælges fra eller til, men den kan anvendes for en prioritering af forskellige produkter og deres tilhørende processer (baseret på LCA-beregninger).

## Proteinindhold for foder og fødevarer

Protein bruges til at opbygge celler, væv, hormoner, antistoffer og enzymer. Proteiner består af forskellige aminosyrer, og flere af disse aminosyrer kan kroppen ikke selv danne. De er livsnødvendige for kroppen, og skal derfor tilføres via den kost vi indtager. Protein får vi især fra fjerkræ, rødt kød, fisk, mejeriprodukter, æg og bælgfrugter. I og med at protein er så essentiel en del af den menneskelige kost, kan det være relevant at ville optimere på indholdet af protein. I den globale opgave med at skaffe mad til stadigt flere mennesker er det også protein, der er i fokus – ikke fedt eller kulhydrater eller fødevarens kalorieindhold. Ovenstående gælder også for dyrefoder.

Nedenfor i Figur 4 vises en populær måde at illustrere proteinindhold i fødevarer på, nemlig gram protein per 100 gram af en given fødevare.

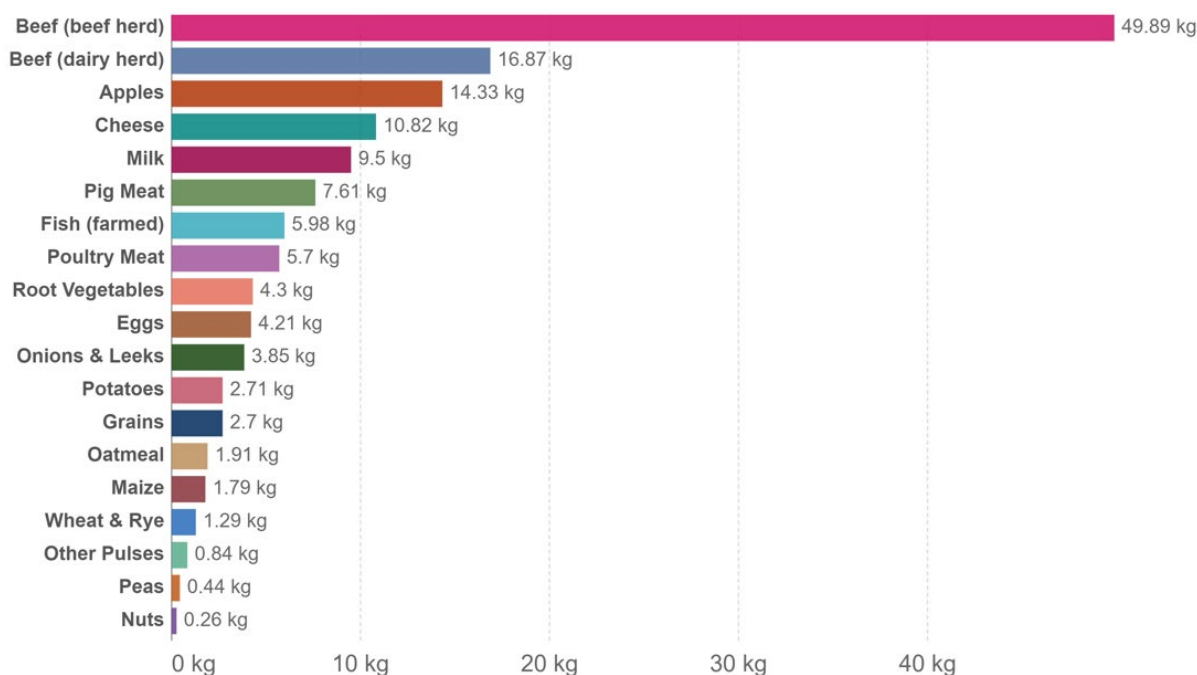


Figur 4: Indhold af protein i forskellige fødevarer pr. 100 g. Kilde: [Techno Gezgin](#)

Et hurtigt blik på Figur 4 tydeliggør, at der er store forskelle i proteinindholdet mellem mange af de basisfødevarer vi anvender i vores madlavning. Som det også fremgår af Figur 4, så er animalske produkter ikke nødvendigvis mere proteinrige end vegetabiliske produkter og proteinindholdet varierer også meget internt i de to kategorier. Med de usikkerheder der nu måtte være i figuren, viser den, at man eksempelvis skal spise 400g kyllingebryst for at få 100g protein og at man skal spise 2500g broccoli for at få samme mængde protein.

## Greenhouse gas emissions per 100 grams of protein

Emissions are measured in carbon dioxide-equivalents<sup>1</sup>.



Source: Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Additional calculations by Our World in Data. OurWorldInData.org/environmental-impacts-of-food • CC BY

**Figur 4: Udledning af drivhusgasser per 100g protein fra fødevarer (typiske dansk råvarer).**

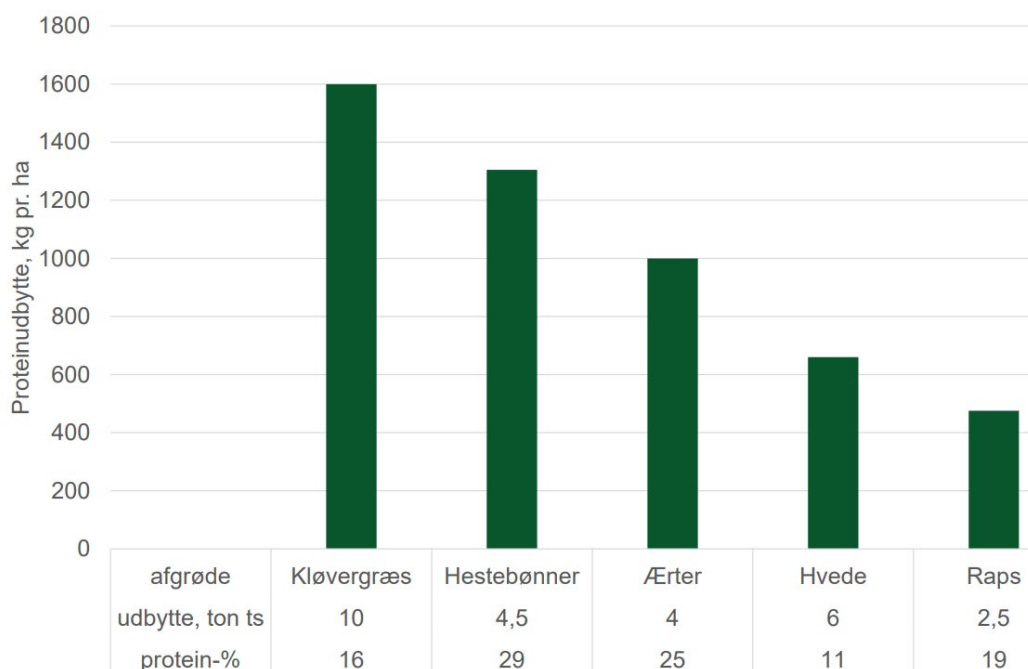
**Kilde:** [Our World in Data](https://www.ourworldindata.org/)

Dog bliver det produktionsmæssige sammenligningsgrundlag udvandet af de store forskelle i produktionsmetode herunder -holdbarheden og muligheder for de forskellige fødevarer. Derfor er det ikke nok at konkludere, at der skal være større fokus på kylling og sojabønner i produktionen, hvis det ikke fremgår hvor meget plads det reelt optager. Naturligvis vil der være nogle produkter hvor det kan lykkes at komprimere indholdet af protein pr. produktionsenhed og gøre det mere "proteineffektivt" om man vil. Mere specifikt afgrødemæssigt, så er der ingenting, der kan konkurrere med græsmarksafgrøderne proteinproduktionsmæssigt i Danmark på nuværende tidspunkt (se også nedenstående figur). Græsprotein koncentrat har højere proteinindhold end soja ([Kildeeksempel](#)).

Græs binder derudover kulstof i jorden, har lav nitratudvaskning og kræver minimalt brug af pesticider. Udfordringen er at udvinde proteindelen i græsset, så det kan anvendes indenfor flere forskellige områder, herunder human ernæring, medicin, erstatte plast produceret på olie med plast der er produceret på græssets sukkerarter.

Hvis der er kløver i græsblendingen, så bliver der fikseret nitrogen fra luften, og her vil behovet for gødning mindskes. En produktionsgren der særligt ville kunne drage fordel af græsproduktion, er kvægfolk, da de ville kunne få græspulpen tilbage fra fabrikkerne (ibid.). Det store proteinudbytte fra græs sat overfor andre afgrødemæssige proteinkilder fremgår herunder:





**Figur 5: Proteinudbytte kg pr ha for forskellige økologisk afgrøder.**

**Kilde:** [Torben S. Frandsen / Økologikongres 2021.](#)

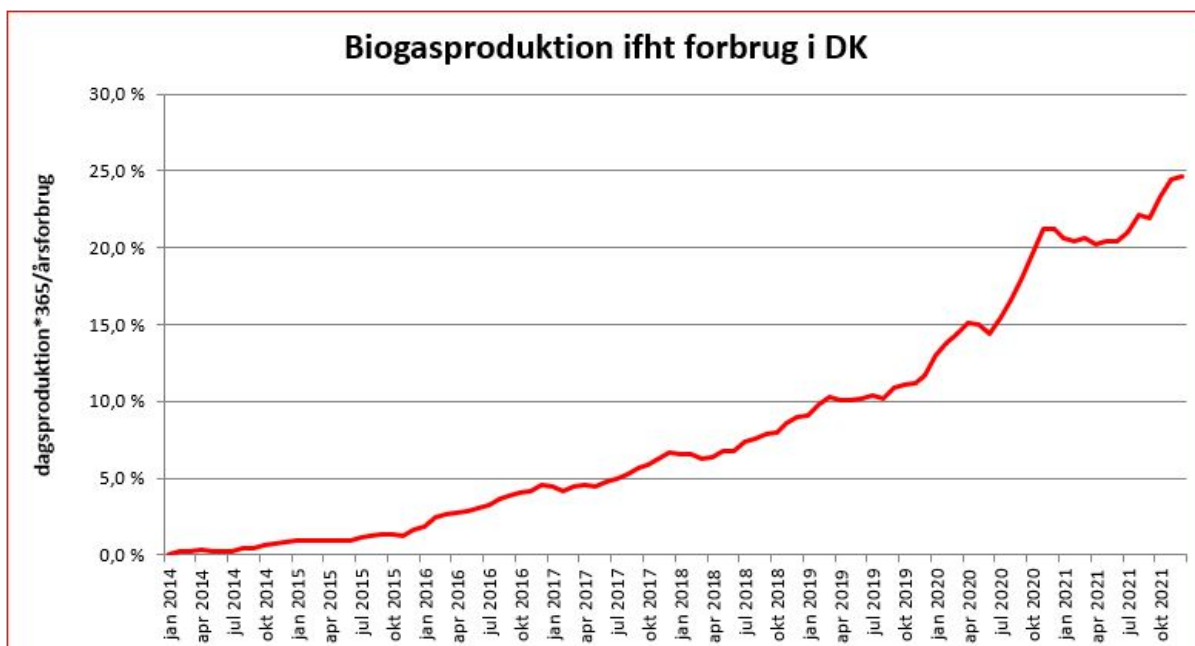
Det vi vil vise med ovenstående korte diskussion er, at proteinindhold kan – og bør måske – være en vigtig enhed at anvende i beskrivelse og værdiansættelse af biomasser.

## Energi - Biomasse og biogas

En del af biomassen kan anvendes til produktionen af biogas. Det kan være rest- og biprodukter fra landbrugsproduktionen og det kan være sidestrømme og restprodukter fra fødevareindustrien samt organisk "husholdningsaffald". Den afgassede biomasse kan anvendes til gødning på marken. En af fordelene ved at benytte biomasse som energikilde sat overfor andre typer vedvarende energi er, at biomasse ikke er fluktuerende, da den kan lagres.

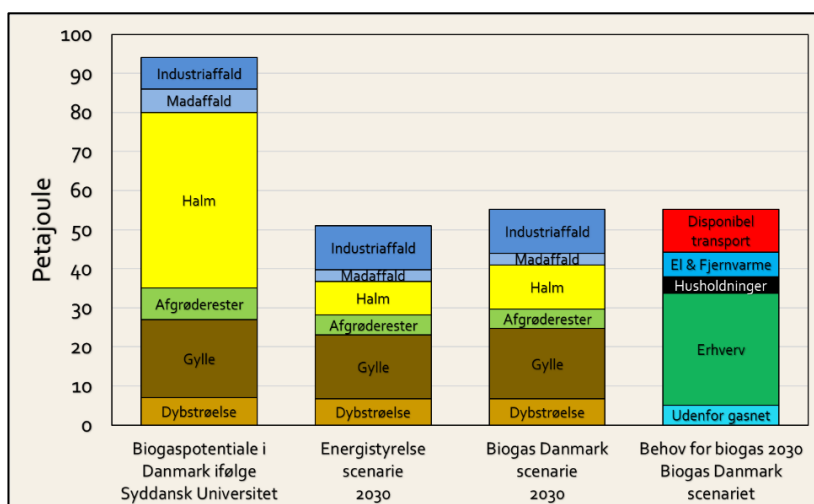
Det forventes at 70 procent af det danske gasforbrug i 2030 vil være biogas sammenlignet med 2022, hvor 40 procent var biogas (Kilde: Bla [Biogas.dk](#)). Udviklingen i dækningsgrad fra dansk produceret biogas ses herunder i Figur 6:

Figur 6: Biogasproduktion ift. forbrug i Danmark. Kilde: [energinet.dk](http://energinet.dk).



Biogas Danmark har indsamlet forskellige bud på biogaspotentiale på tværs af både industriaffald, madaffald, halm, afgrøderester, gylle og dybstrøelse, hvilket viser cirkulariteten inden for energiproduktionen er stigende og nødvendig for at kunne øge en dansk energiproduktion baseret på fornybare ressourcer.

I forbindelse med energiproduktion er det både en energiopgørelse (joule), men også en CO<sub>2</sub> og kvælstof-belastning der er brug for. De forskellige opgørelsesenheder står alene, men samtidig er der på sigt en synergi mellem disse. Høj produktion af energi vil i de fleste tilfælde betyde en høj CO<sub>2</sub> og indirekte kvælstofbelastning da biomasser på en eller anden skal produceres ved hjælp af kvælstof i enten afgrøder eller proteiner i de levende dyr.



Venstre søjle viser biogaspotentialet til produktion af biogas som opgjøret af Syddansk Universitet. De to midterste søjler viser råvareinput i 2030 i henholdsvis Energistyrelse og Biogas Danmark scenarier fordelt på forskellige bioressourcer. Højre søjle viser afsætningen af den producerede biogas i et Biogas Danmark scenarie.

Figur 7: Biogaspotentiale, bioressourcer og behov for biogas i 2030.

Kilde: [Biogas Danmark](http://Biogas Danmark) – Dansk Biogas Outlook 2022.

Selvom der er forskel på, hvordan forskellige aktører ser på potentialet, så tyder det på at potentialet for produktionen er stort. Både Syddansk Universitet, Energistyrelse scenarie og Biogas Danmarks scenarier ser, at biogaspotentialet stort set kan dække behovet for biogas i Danmark (jf. Biogas Danmark scenariet). Særligt Syddansk universitet har et positivt syn på halms biogaspotentiale. Bliver der enighed om denne tilgang i takt med at teknologien udvikles, så kan det være relevant at have større fokus på halm samt være relevant at begynde at regne businesscases på andre måder ved vurdering af nye (konsum-)afgrøder.

Værdien for brug af en given biomasse til produktion af biogas pr. ton kan være en relevant faktor, da dette vil kunne bidrage til at Danmark bliver uafhængig af naturgas, og give et billede af, hvilket restprodukt der er mest effektivt til produktionen af biogas. Nedenfor i Figur 8 er det yderligere illustreret hvordan produktion af biogas og cirkulær økonomi hænger sammen.

Effekter af biogasudbygning	Energistyrelsen		Biogas Danmark	
	2021	2030	2030	2035
<b>Biogasproduktion, PJ</b>	<b>26</b>	<b>51</b>	<b>55</b>	<b>60</b>
Biogasandel i gasnet, pct.	26	75	100	100
<b>Gasforbrug, PJ</b>	<b>85</b>	<b>65</b>	<b>55</b>	<b>60</b>
Heraf fra gasnettet	78	52	41	35
Heraf udenfor gasnettet	6	11	5	4
Heraf disponibel til transport og eksport	0	1	9	22
<b>PtX potentiale, PJ</b>				
E-metan	13	25	34	38
E-methanol	7	14	18	20
<b>Netto klimaeffekt (mio. ton CO<sub>2</sub>-ækv.)</b>	<b>1,3</b>	<b>3,6</b>	<b>4,3</b>	<b>5,4</b>
Heraf fossil fortrængning	1,5	3,0	3,6	4,7
Heraf reduktion i landbrug	0,2	1,0	1,1	1,2
Heraf metantab og eget forbrug	-0,4	-0,3	-0,4	-0,5
<b>Reduktionspotentiale (mio. ton CO<sub>2</sub>-ækv.)</b>				
Potentiale CCS	0,7	1,5	1,8	2,1
Potentiale PtX e-metan (transport)	1,0	2,0	2,5	2,8
Potentiale PtX e-methanol (transport)	0,5	1,1	1,3	1,5
<b>Cirkulær Økonomi</b>				
Reduceret kvælstofudledning, ton N	1.430	1.490	1.630	1.670
Fosforindhold i afgasset biomasse, ton P	17.300	34.900	38.400	38.900
<b>Beskæftigelse (fuldtidsjobs)</b>	<b>4.200</b>	<b>5.350</b>	<b>6.100</b>	<b>6.300</b>

På miljøområdet er der basis for en reduktion af kvælstofudledning til vandmiljøet på 1.600 ton N samt recirkulering af 5.000 ton fosfor.

Fosfor er en både knap og livsvigtig ressource for især den økologiske produktion.

Figur 8: Effekter af biogasudbygning og to scenarier.

Kilde: [Biogas Danmark](#) – Dansk Biogas Outlook 2022.

## Perspektivering

Vi har undervejs i projektforløbet talt med flere personer, der alle står med den samme udfordring: Vi kan se, at det kan være hensigtsmæssigt at kunne værdiansætte biomasser på forskellige måder, men vi kan ikke rigtig finde ud af, hvordan vi skal gøre det!

Det er blandt andet et projektteam ved projektet *Det cirkulære jordbrug: Systemanalyse af grøn biomasse til fødevarer, foder og energi* ved Århus Universitet. De har fokus på klimapåvirkning og er i tvivl om de skal anvende CO<sub>2</sub>e per vægtenhed eller per arealenhed. Desuden er de også nysgerrige på protein og på energi, men har ikke i perioden for herværende projekt haft ressourcer til nærmere at arbejde med brugen af enheder.

Samme interesse er vi stødt på hos forskere indenfor biobaserede materialer (AU) samt fra interessenter i industrisymbioser (GreenlabSkive).

For nuværende mener vi, at det giver mening fortsat at arbejde med volumen per omsætning på bedriftsniveau. Volumen er det centrale i cirkulær økonomi forstået som en ressourceøkonomi. Fremadrettet bør der kunne kobles med LCA-beregninger da de teknologier der skal anvendes for en bedre biomasseudnyttelse, kræver logistik og energi.

I forhold til at landbruget kommer til at levere endnu mere på cirkulær udnyttelse af biomassen er det et spørgsmål om, hvor der er et match mellem det der efterspørges (protein, energikilde, byggemateriale...) og procesteknologi. Idéelt set bør man kunne værdiansætte en given biomasse på flere enheder for bedst muligt at kunne udnytte ressourcer i en cirkulær økonomi.

---

SEGES Innovation  
Agro Food Park 15, 8200 Aarhus N  
T: +45 8740 5000 - F: +45 8740 5010 - E: [info@seges.dk](mailto:info@seges.dk)

**SEGES**  
INNOVATION

Ansvar: Informationerne på denne side er af generel karakter og søger ikke at løse individuelle eller konkrete rådgivningsbehov. SEGES Innovation er således i intet tilfælde ansvarlig for tab, direkte såvel som indirekte, som brugere måtte lide ved at anvende notatets informationer.