

Landbrugets rolle i den cirkulære økonomi - En case med cirkulær udnyttelse af græsbiomassen i Holland Projekt: 2490: BioValue Spir, leverance 6	Ansvarlig	AMTH
	Oprettet	19-10-2017
	Side	1 af 7

Cirkulær økonomi er et af tidens helt centrale buzzwords og den cirkulære tilgang skal ifølge Europa Kommissionen øge ressourceudnyttelsen i alle dele af økonomien, også i landbruget (European Commission, 2016). I slutningen af 2016 nedsatte miljø- og fødevarerminister Esben Lunde Larsen et dansk Advisory Board bestående af 12 erhvervsledere, der skulle rådgive regeringen om cirkulær økonomi og bidrage til at sikre at Danmark er med i front når det kommer til grøn omstilling, recirkulering og optimal ressourceudnyttelse. Det resulterede i år i rapporten 'Reduce. Reuse. Recycle. Rethink' der fremsætter 27 anbefalinger til miljø- og fødevarerministeren. Særligt to af disse anbefalinger lægger op til et øget fokus på bioraffinering, som skal skabe øget mængde og værdi af landbrugets produkter. I rapporten anbefaler Advisory Board for cirkulær økonomi at:

Fremme rammevilkårene for bioraffinering

Etablere nye værdikæder for landbrugsafgrøder, der udnytter fotosyntesen bedre

Bioraffinering af grønbiomasse undersøges allerede i en række forskningsprojekter og som eksempel er interessen stor for at have en national produktion af protein. Forskningsprojekterne arbejder med udviklingen af bedre teknologier til oprensning og separation af de højværdiprodukter, der potentielt er tilgængelige i forskellige typer af biomasse leveret af bl.a. landbruget og græs er en af de afgrøder, der har en langvækstsæson og indeholder interessante værdistoffer så som protein.

En hollandsk afhandling opbygger en matematisk model med scenarier, hvor græsbiomassen udnyttes cirkulært i en afgrænset forsyningskæde bestående af malkekvægsbedrifter, bioraffinaderier, foderproducenter og svinebedrifter i en konstrueret repræsentativ national region med en foderproducent 90 malkekvægsbedrifter og 20 svinebedrifter.

Casen opstiller et basisscenarie samt yderligere fire scenarier med variablene 'placering af potentielle bioraffinaderier', 'anlægskapacitet', 'omkostninger til oparbejdning' og 'sojapris', alle variable, der forventes at have betydelig effekt på rentabiliteten af bioraffineringsanlæggene. I scenarierne beregnes hvorvidt et anlæg kan åbnes og hvor mange bioraffineringsanlæg, der kan etableres ud fra en minimums kapacitetsudnyttelse på anlæggene og med en indbygget forudsætning om omkostningsminimering.

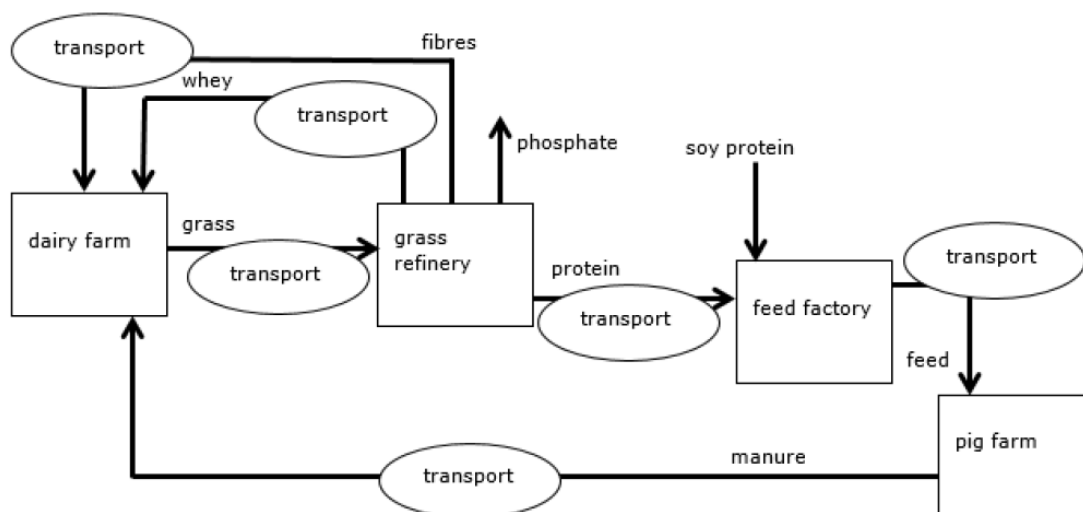
Den cirkulære forsyningskæde, der opbygges som en matematisk model består af:

Malkekvægsbedrifter, indgår i casen som leverandører af græs til raffinaderiet, og som aftagere af fiberfraktionen til kvægfoder, brunsaft til gødning og gylle fra svinebedrifterne. Der forventes et årligt udbytte på 62 t/ha/år og 52 ha græs pr. bedrift.

Raffinaderiet aftager græsbiomassen og står for presning til fiberfraktion og grønsaft samt den videre separation til proteinkoncentrat, brunsaft og fosforgødning. Raffinaderiet leverer et proteinholdigt produkt til foderproducenten. Fosfatfraktionen sælges ud af systemet. Raffinaderiets kapacitet afhænger af om anlægget kører 8, 16 eller 24 timer pr. dag.

Foderproducenten aftager proteinkoncentratet fra raffinaderiet og laver proteinfoder til svinebedriften. Svinefoderet indeholder 20 % protein af hvilket kan erstattes 100 % med græsprotein. Kapaciteten er sat til at kunne dække behovet i regionen.

Svinebedriften aftager proteinfoder og leverer gødning til malkekvægbedriften (figur 1).



Figur 1 viser en forsyningskæde, der opbygges som matematisk model og casestudie for en cirkulær udnyttelse af græsbiomassen i Holland. Forsyningskæden består af malkekvægsbedrifter, bioraffinaderier, foderproducenter og svinebedrifter i en konstrueret repræsentativ region. Der importeres sydamerikansk soja til systemet og der eksporteres et fosforgødningsprodukt (Figuren er fra Ros, 2017).

Modellen

Den matematiske model er konstrueret så casen rummer et opland med 90 malkekvægsbedrifter og 20 svinebedrifter pr. foderfabrik. I hvert scenarie varierer antallet af mulige bioraffineringsanlæg fra 16 - 106 og deres kapacitet varierer fra 192 – 1080 ton FM/dag (Fresh Matter/dag).

Modellens output angiver den **optimale lokalitet** samt **antal** af raffineringsanlæg med en given kapacitet, der kan etableres under hensyntagen til begrænsninger på mængden af tilgængelig biomasseressource, anlægskapacitet og marked for afsætning indenfor den afgrænsede cirkulære forsyningskæde.

Den **optimale lokalitet** findes ved at minimere kilometer afstanden mellem faciliteterne i scenarierne. Afstanden er beregnet som en lige linje mellem koordinater (figur 2).

Hvorvidt et **anlæg etableres eller ej** afgøres af en binær variabel i modellen, der angiver 0 (ingen bioraffineringsanlæg etableres) eller 1 (etablering af anlæg). Der er i modellen indlagt en parameter, der gør det muligt at fastsætte en **minimumsudnyttelse af bioraffineriets kapacitet (H)**. Hvis $H > 0$, etableres der således kun et bioraffineri på den givne lokalitet, hvis der er potentiale til at udnytte den angivne procentdel af anlæggets daglige kapacitet. Et eksempel på fastsættelse af minimumsudnyttelse af bioraffineriets kapacitet kan være at anlægget minimum skal kunne køre 8 timer pr. dag.

Formålet med modellen er at bestemme den systemopbygning, der minimerer de **samlede omkostninger** indenfor systemet i fem scenarier (tabel 3).

De samlede omkostninger udgøres af:

Transport omkostningerne, som udgøres af omkostninger til tipvogne og bulk lastbiler multipliceret med kilometer afstand (tabel 1).

+

Omkostninger til oparbejdning, som udgøres af mængden af produkt, der oparbejdes multipliceret med en fremstillingspris (tabel 1).

+

Omkostninger til input af sydamerikansk soja. Der indkøbes en mængde soja til forsyningskæden og størrelsen af dette afgøres af produktionen af græsprøtein i systemet (se figur 1). Prisen afgøres af den aktuelle verdensmarkedspris (tabel 1).

+

En fast omkostning, der repræsenterer **anlægsomkostninger**.

Tabel 1: Priserne for de enkelte omkostningsparametre i en cirkulær forsyningskæde med græs er hentet fra Ros, 2017 og omregnet fra Euro til danske kroner. Kursen d.d. 7,44 (19-10-17). Værdierne, som er anvendt i basisscenariet er hentet fra litteraturen, fra relevante virksomheder og mundtlig kommunikation med nationale forskere (Ros, 2017).

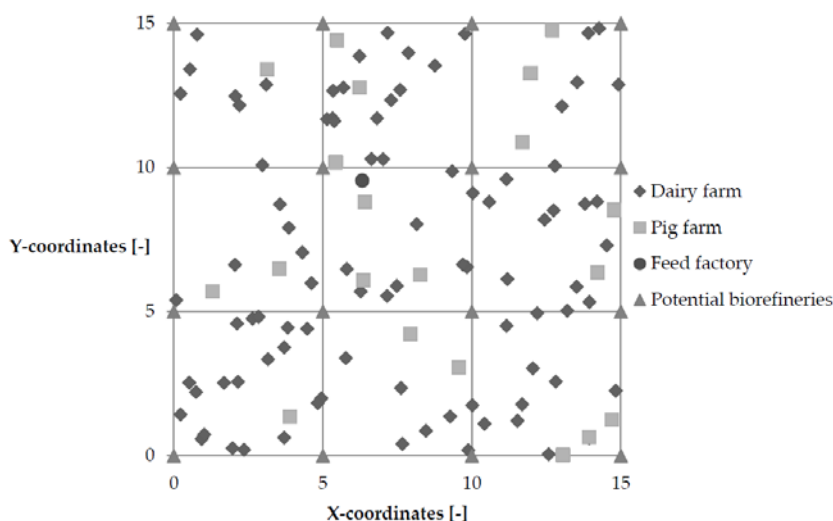
Beskrivelse	Fremstillingspris (kurs d. 19/10/17)
Græs, fremstillingspris	146 kr./ton FM
Prisen for konvertering af græs til protein, brunsaft, fosfat og fiber.	177 kr./ton FM
Prisen for at producere svinefuldfoder	203 kr./ton foder
Prisen for at afhænde gylle	149 kr./ton gylle
Transport omkostning med tipvogn	13 kr./ton/km
Transport omkostning med bulk lastbil	14 kr./ton/km
Input af sojaprotein	2.604 kr./ton

I modellen er der fastsat **kapacitetsbegrænsninger** på de forskellige faciliteter. Kapacitetsbegrænsningerne er indlagt som ton/dag, der maksimalt kan produceres eller aftages af det givne anlæg eller bedriften. Tabel 2 viser eksempelvis at bioraffineriet kan håndtere 192 ton frisk græs pr. dag og foderfabrikken skal kunne producere 200 ton foder pr dag.

Tabel 2: Tabellen angiver den maksimale kapacitet pr. dag, som er anvendt til beregningen af casen med en cirkulær udnyttelse af græs (Ros, 2017).

Kapacitet	Maksimal kapacitet
Bioraffinaderi (lille)	192 ton frisk græs/dag
Bioraffinaderi (stort)	1080 ton frisk græs/dag
Foderfabrik	200 ton foder/dag
Svinebedrift, foderforbrug	3,45 ton foder/dag
Kvægbedrift, græsproduktion	8,8 ton frisk græs/dag
Gylle, udbringning pr. dag	2,8 ton gylle/dag
Kvægfoder, fiberfraktion indtag pr. dag	1,1 ton fiberfraktion/dag

Case regionen er konstrueret som en fiktiv repræsentativ hollandsk landbrugsregion med én foderfabrik i et opland på 225 km². I Holland er der henholdsvis 90 og 20 malkekvægsbedrifter og svinebedrifter pr. foderfabrik og disse er spredt tilfældigt i det fiktive opland til foderfabrikken. I basisscenariet er 16 mulige bioraffineringsanlæg placeret for hver 5 km i et grid (figur 2).



Figur 2 viser basisscenariet med placering af henholdsvis foderfabrik (1), Svinebedrifter (20), kvægbedrifter (90) og mulige bioraffineringsanlæg (16) i en fiktiv repræsentativ landbrugsregion i Holland (Ros 2017).

Med udgangspunkt i ovenstående omkostninger, kapacitetsbegrænsninger og informationer om regionen bestemmes følgende variabler:

- mængde af græs transporteret fra kvægbedriften til bioraffinaderiet
- mængde af protein transporteret fra bioraffinaderiet til foderfabrikken
- mængde af foder transporteret fra foderfabrikken til svineproducenten
- mængde af gylle transporteret fra svineproducenten til kvægbedriften

Ovenstående variabler beregnes på baggrund af en række parametre, så som:

- afstande mellem faciliteterne, (angivet som kilometer mellem GPS koordinater, se figur 2)
- samlede omkostninger til transport, oparbejdning og input (kr./ton)
- omregningsfaktor for oparbejdningen fra et produkt til et andet (angives som kg produkt pr. kg græs)
- samt faciliteternes kapacitet (ton/dag).

Tabel 3: Omregningsfaktor for græs til proteinprodukt, fiber, brunsaft og fosfatgødning. Omregningsfaktorerne er anvendt til beregning af de samlede omkostninger til bioraffinering af græs (Ros, 2017).

	Procent af græs med 18 % tørstof	DM indhold i produkt i procent	Omregningsfaktor (kg produkt/kg græs)
Protein produkt	20	25	0,15
Fiber	66	35	0,35
Brunsaft	12	5	0,43
Fosfat	2	5	0,07

Der regnes på følgende scenarier:

- Basic scenarie
- Lokale bioraffinaderier
- Mindre lokale raffinaderier kombineret med centrale raffinaderier
- Fokus på omkostninger til oparbejdning
- Fokus på sojaprisen

Tabel 4: Ros (2017) præsenterer fem forskellige scenarier for cirkulær udnyttelse af græs i en repræsentativ hollandsk landbrugsregion med en foderproducent 90 malkekvægsbedrifter og 20 svinebedrifter indenfor 225 km². Et basisscenarie samt fire andre scenarier, der fokuserer på henholdsvis placering, kapacitet, omkostninger og sojapris er præsenteret i tabel 3.

Scenarie	Forudsætninger	Beskrivelse	Resultat
Basic scenarie	16 centrale bioraffinaderier, kapacitet 192 ton/dag	Beregningen er foretaget med priser fra tabel 1 og 2 med henblik på at vise et scenarie med udgangspunkt i de nuværende vilkår.	Antallet af bioraffineringsanlæg, der kan åbne afhænger i høj grad af parameteren H. Hvis det sættes som et krav, at 1/3 af anlæggets kapacitet skal være udnyttet, kan der åbne et anlæg. Neutraliseres H, kan der åbnes ni anlæg.
Lokale bioraffinaderier	90 lokale raffinaderier, kapacitet 192 ton/dag	For at adressere problemstillingen lokale eller centrale raffinaderier, laves der i dette scenarie en modelberegning med bioraffinaderier placeret ved hver kvægbedrift.	Antallet af lokale bioraffineringsanlæg, der kan åbne afhænger endnu engang af parameteren H. Hvis det sættes som et krav, at 1/3 af de lokale anlægs kapacitet skal være udnyttet, kan der åbne et anlæg. Neutraliseres H, kan der åbne 30 lokale anlæg. De er alle placeret tæt omkring foderfabrikken.
Mindre lokale raffinaderier kombineret med centrale raffinaderier	16 centrale bioraffinaderier, kapacitet 1080 ton/dag og 90 lokale raffinaderier, kapacitet 192 ton/dag	I dette scenarie undersøges effekten af kapacitet - lokale vs. centrale raffinaderier. Fremstillingsprisen er uændret og ens på begge typer af anlæg. I scenariet er der 106 mulige placeringer af raffinaderier.	Antallet af centrale anlæg (kapacitet 1080 ton/dag) er i dette scenarie nul, uanset værdien af H. Antallet af lokale anlæg (kapacitet 192 ton/dag) er, som i det foregående scenarie, 30 når H er nul. Anlæggene er placeret omkring foderfabrikken.
Fokus på omkostninger til oparbejdning	16 centrale bioraffinaderier, kapacitet 1080 ton/dag og 90 lokale raffinaderier, kapacitet 192 ton/dag Med forskellige omkostninger til oparbejdning. Fremstillingsprisen er 177 kr./ton på de lokale raffinaderier.	I dette scenarie undersøges effekten af omkostningen til oparbejdning. De større centrale raffinaderier må forventes at have lavere driftsomkostninger. Til gengæld reduceres transportomkostningerne ved lokale anlæg. Dette forhold undersøges i scenariet her.	Modellen viser at ved en pris på oparbejdning ≥ 160 kr./ton, er det mere omkostningseffektivt at åbne alene små anlæg. Ved priser < 160 kr./ton er det afstanden til bedriften der afgør hvilken type anlæg der er mest rentabelt.
Fokus på sojaprisen	16 centrale bioraffinaderier, kapacitet 192 ton/dag ved varierende sojapriser	I det sidste scenarie undersøges effekten af sojaprisen i intervallet 1488 kr./ton - 4.464 kr./ton	Modellen beregner et tipping point ved sojaprisen 2.380 – 2.530 kr./ton. Kommer sojaprisen over denne pris bliver græsprotein i højere grad konkurrencedygtigt. Sojaprisen er d.d. 2.700 kr./ton ²

1) Minimumsudnyttelse af bioraffinaderiets kapacitet (H). Hvis $H > 0$, etableres der således kun et bioraffinaderi på den givne lokalitet, hvis der er potentiale til at udnytte den angivne procentdel af anlæggets daglige kapacitet er angivet ved H

2) SEGES Prognosepriser (maj) for 2017-2018

Modellen viser at fremstillingsprisen på anlægget naturligt vil have stor betydning for hvorvidt der kan åbnes raffineringsanlæg. I modellen arbejdes der med en fremstillingspris på 177 kr./ton FM. Denne pris er lavere end tilsvarende beregninger lavet her på SEGES, hvor fremstillingsprisen nærmer sig 270 kr./t/FM (Jørgensen, 2017, personlig meddelelse). Fremstillingsprisen påvirkes af kapaciteten på anlægget. I praksis kan det vise sig mest rentabelt at opdele processen i en decentral presning og en central raffinering af pressejuicen (Bruins and Sanders, 2012).

Resultaterne fra modelberegningerne peger også på afstanden mellem anlæggene som en betydelig parameter. De anlæg der åbnes er, i alle scenarier, placeret i umiddelbar nærhed af forderfabrikken og decentrale anlæg udpeges fremfor centrale ved fremstillingspriser der overstiger 160 kr./ton FM (se scenarie med fokus på omkostninger til oparbejdning i tabel 4). Placering af saftskruepresse og raffineringsanlæg vil i sidste ende være en afvejning mellem stor-driftsfordele ved en øget kapacitet på anlæggende afvejet mod omkostningerne til transport.

De 3-4 slæt pr. år i produktionen af græs fra juni til august, og den meget korte holdbarhed af græsprotein efter høst kalder på alternativ anvendelse af anlæggene udenfor sæson. Det kan bl.a. være majs, kartofler eller ensilage en sådan multifunktionalitet vil yderligere kunne sænke fremstillingsprisen. Multifunktionelle anlæg er ligeledes en nødvendighed for at kunne håndtere det aspekt, der i modellen er præsenteret som H, at kun en meget lille del af anlægskapaciteten kan udnyttes på årsbasis.

Referencer

Bruins, M E., and Sanders, J. P.M. *Small-scale processing of biomass for biorefinery*. Biofuels, Bioprod. Bioref. 6:135–145. 2012

[European Commission](#). *Report from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions - on the implementation of the Circular Economy Action Plan*. 2016

Ros, NJ. *The potential of a circular grass refinery supply chain in the Netherlands*. BSc Thesis Biosystems Engineering, Wageningen University. 2017

Advisory Board for cirkulær økonomi – anbefalinger til regeringen. Miljø- og Fødevareministeriet. 2017