

Cirkulær økonomi i landbruget

Metode og perspektiver

SEGES Innovation, Strategi & Vækst

Udarbejdet af: SEGES Innovation, 2022

SEGES Innovation: Alice Thoft Christensen, Karen Jørgensen og Søren Bisp

Rapport udarbejdet som en del af SEGES-projekt: "Cirkulær økonomi – et vigtigt element i den fremadrettede landbrugsproduktion" i 2021 og opdateret i projektet "Cirkulær økonomi – viden og veje til forandring i den bæredygtige udvikling af landbruget", støttet af Promilleafgiftsfonden for landbrug.

Indhold

1. Indledning	3
2. Cirkulær økonomi og landbrug	3
3. Opgørelse over cirkulær økonomi i landbruget	6
3.1. Metode og kilder til kortlægning af den biologiske cirkel	7
3.1.1. Datakilderne til kortlægningen af det biologiske kredsløb	7
3.1.2. Metodemæssige overvejelser for det biologiske kredsløb	8
3.2. Metode og kilder til kortlægning af den teknologiske cirkel	8
3.2.1. Datakilderne til det teknologiske kredsløb	14
3.2.2. Metodemæssige overvejelser for det teknologiske kredsløb	14
4. Videre udviklingsmuligheder	15
4.1. Landmandens forretningsmuligheder i den cirkulære økonomi	15
5. Perspektivering – og fremtidigt arbejde	17
6. Referencer	18

1. Indledning

Denne rapport består af en præsentation og en diskussion af de metoder til kortlægning af ressourcestrømmen for biologiske og teknologiske produkter i dansk landbrug, der er anvendt i nærværende projekt. Metoden til kortlægningen af ressourcestrømmene er udviklet og afprøvet af SEGES Innovation i foråret 2021 i samarbejde med seks udvalgte landbrug, og efterfølgende revideret og afprøvet på yderligere fem landbrug i foråret 2022.

Kortlægningen er gennemført som en del af SEGES-projekt "Cirkulær økonomi – viden og veje til forandring i den bæredygtige udvikling af landbruget", støttet af Promilleafgiftsfonden for landbrug.

Formålet med kortlægningen er at demonstrere en metode, der kan give landmænd overblik over ressource- og materialeforbruget – biologisk og teknologisk – på et landbrug. Overblikket og viden om ressourcerne er det første skridt til at få inspiration og finde veje til, at et landbrug kan indgå i den cirkulære økonomi med et lavere ressourceforbrug. Kortlægningen vil altid være det første skridt. De efterfølgende skridt, at lægge en strategi, gennemføre den og evaluere den, er ikke omfattet.

Landmanden er vant til at se på sin bedrift ud fra en meget lang række informationer. Kortlægningen tilbyder et nyt og supplerende perspektiv på landbrugsbedriften, et perspektiv, som kan være en inspiration og et første grundlag til at ændre små eller store forhold, som reducerer landbrugets ressourceforbrug.

For at omfatte variationen i landbruget indgår 11 forskellige bedriftstyper i de kortlægninger, som er gennemført i projektet: smågriseproduktion, økologisk mælkeproduktion, slagtesvin, rugeægproduktion, konventionel mælkeproduktion, et landbrug med konventionel planteavl, frilandsgrise, frilandsgartneri, et landbrug der anvender conservation agriculture, slagtekyllingeproduktion, og økologisk planteavl. I kortlægningen er der fokus på input og output af ressourcer og materialer.

I den første del af rapporten introduceres teorien bag kortlægningen. Derefter præsenteres et eksempel og mulige begrænsninger eller udvidelser af metoden til kortlægning af ressourcerne diskuteres. Endeligt diskuteres mulige veje for endnu bedre bidrag til den cirkulære økonomi.

2. Cirkulær økonomi og landbrug

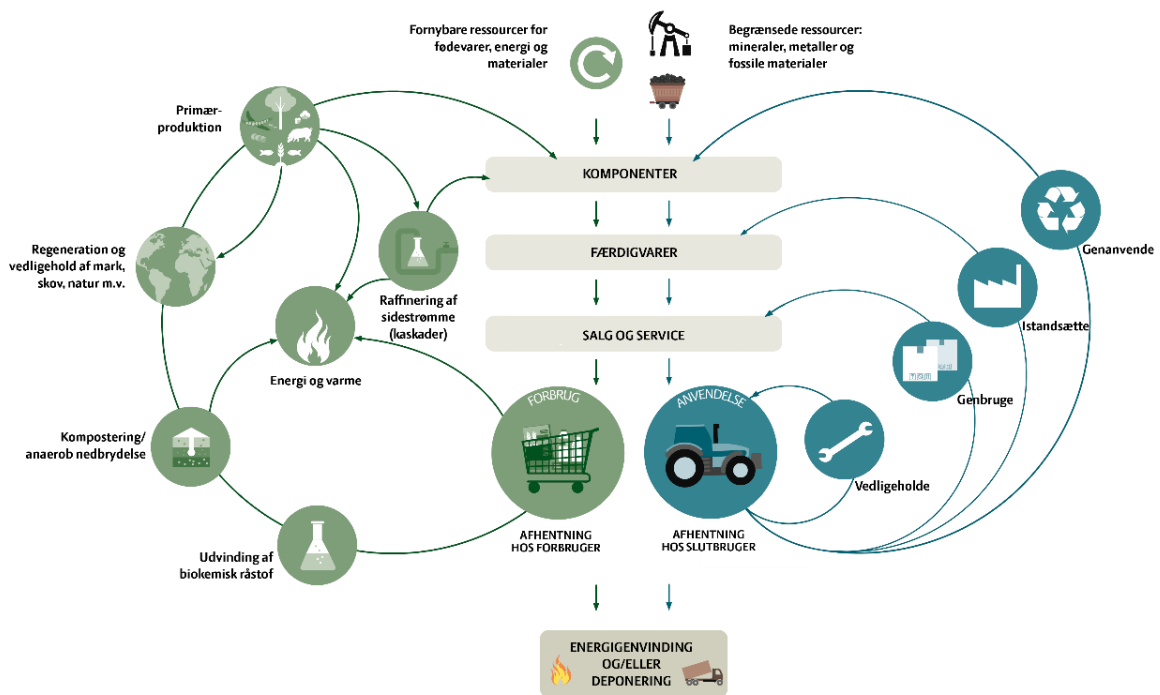
Den *cirkulære økonomi* er beskrevet af Ellen MacArthur Foundation, herunder i rapporten "[Potential for Denmark](#)" (Ellen MacArthur Foundation, 2015). Den cirkulære økonomi handler om at udnytte jordens ressourcer så effektivt som muligt, så materialer ikke går til i forbrænding eller deponi, men bliver brugt igen og igen. I tråd med Miljøstyrelsens affaldshierarki¹, så handler det om (i prioriteret rækkefølge) at undgå at forbruge med mindst mulig miljøbelastning, at forlænge levetid gennem vedligehold og opgradering, at udnytte gennem deling, at genbruge produkter og i sidste ende genindvinde så stor en andel af ressourcerne som overhovedet muligt².

¹ <https://mst.dk/affald-jord/affald/affaldshierarkiet/>

² Teknologisk Institut har i analyser for EU Kommissionen (EU Kommissionen, Treating waste as a resource for the EU industry (2013) og EU Kommissionen, "Analysis of certain waste streams and the potential of industrial symbiosis to promote waste as a resource for EU industry" (2015) vist, at vilkårene for den cirkulære økonomi er meget forskellige fra materiale til materiale. Fx genindvindes en meget høj andel metal (jern, stål, kobber, aluminium mv.) fordi det kan betale sig for alle parter, fordi eksisterende teknologier kan håndtere det, og fordi materialerne ikke taber i kvalitet. Andre materialer fx plastmaterialer eller elektronikaffald har langt vanskeligere vilkår.

Den cirkulære økonomi skal ses i relation til den lineære økonomi, hvor værdikæden går fra udvinding af råvarer, til produktion, distribution, forbrug og forbrænding eller deponering. Eller lidt kortere udtrykt, så er cirkulær økonomi et udtryk for at synsvinklen skifter fra vugge-til-grav til vugge-til-vugge. I den cirkulære økonomi er forbrænding og deponering absolut sidste udvej, og ideelt set ikke brugbar. Yderlige informationer om cirkulær økonomi kan bl.a. findes hos Miljøstyrelsen³.

Ellen MacArthur Foundation opdeler materialestrømmene i den cirkulære økonomi i et biologisk og et teknologisk kredsløb. Det gør vi også i denne kortlægning.



Sommerfugle-modellen for cirkulær økonomi

Egen tilvirkning efter Ellen MacArthur Foundation, [The Butterfly Diagram](#)

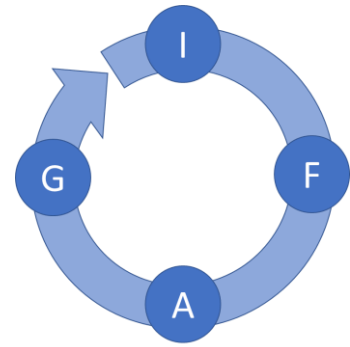
Hvor forretningsmodellen i den lineære økonomi kan reduceres til produktion-forbrug-smid væk, så udvider den cirkulære økonomi forretningsmodellen i alle led af materialestrømmen til også at omfatte genanvendelse, opgraderinger, renovering og reparationer, genbrug, almindeligt vedligehold og nye måder at bruge produkter på som i dele-økonomi eller gennem digitalisering, som helt afskaffer det fysiske produkt. Det hele handler om at strække ressourceforbruget og få ressourcerne så hele og uskadede som muligt tilbage i kredsløbet efter endt brug, så behovet for nye råvarer reduceres.

Landbrugets særkende er, at det for en stor dels vedkommende er biologiske materialer, der cirkuleres. Udsæd, gødning, foder og dyr til opfodning udgør det biologiske input der skal til at drive markerne og husdyrholdet. På selve landbruget er det biologiske kredsløb på markerne og i staldene en del af produktionen, og i de fleste tilfælde går de biologiske eller animalske produkter videre til forarbejdning eller direkte salg til forbrugerne.

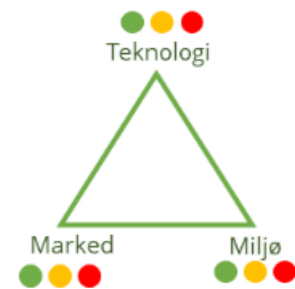
³ <https://mst.dk/affald-jord/affald/cirkulaer-oekonomi-og-ressourceeffektivitet/om-en-cirkulaer-oekonomi/>

Det biologiske kredsløb på landbruget fungerer ikke uden et teknologisk⁴ kredsløb, som er de maskiner, udstyr og bygninger, som landbruget anvender i sin produktion. Der er variationen i de materialer, der anvendes i landbruget større end for de biologiske materialer: plast, glas, materiale fra elektriske komponenter, beton, jern, pap, papir etc. Og langt hovedparten af materialerne, hvis ikke alle, vil før eller siden passere gennem affaldssystemet, hvis de ikke deponeres eller brændes på selve landbruget.

I den lille, stærkt forsimplede grafik er vist, hvordan et materiale cirkulerer fra den producerende virksomhed (I) til forbrug (F) og bliver til affald (A), der bliver genindvundet (G) og til nye materialer til produktion. I en række analyser i 2018-19 har Teknologisk Institut demonstreret, hvordan vilkårene for den cirkulære økonomi skifter fra materiale til materiale. For jern og andre metaller er der i dag en velfungerende cirkulær økonomi, fordi det for alle led i cirklen er rentabelt, miljømæssigt fornuftigt og teknologisk muligt at sende metal videre i kredsløbet. Det gælder også for flasker med retur-pant, hvor pantsystemet har ændret de økonomiske rammer, så det er rentabelt, miljømæssigt fornuftigt og teknologisk muligt at sende flasker videre i kredsløbet.



Barrierer for teknologi, marked og miljø findes på hvert eneste stop materialet gør i kredsløbet. Trekanten og den cirkulære økonomi er en analysemodel af vilkårene for den cirkulære økonomi, som er udviklet af Teknologisk Institut (Stig Yding Sørensen, 2017). Modellen viser, at aktørerne i den cirkulære økonomi har barrierer, som kan grupperes under de tre hovedoverskrifter: teknologi, marked og miljø – og hver aktør har sin egen konstellation af barrierer. **Teknologi** handler om det teknisk mulige. Hvis ikke der findes teknologi, der kan håndtere materialerne, eller opgradere eller reparere eller sortere til den nødvendige funktionalitet, så går den cirkulære økonomi i stå. Det samme gælder **markedet**, som er afhængigt af fx efterspørgsel, priser, kvalitet, distribution, mængder, holdbarhed, levering før købsbeslutninger indgås – og alle forbindelserne i den cirkulære økonomi er markedsbaserede. Endelig er der **miljøspørgsmålet**, hvor det for den enkelte aktør ofte er vanskeligt at træffe det miljømæssigt set bedste valg og i mange tilfælde er aktører henvist til at træffe det valg, som de føler er det bedste fremfor på baggrund af dokumentation og fakta, der kan være vanskelige eller kostbare at etablere.



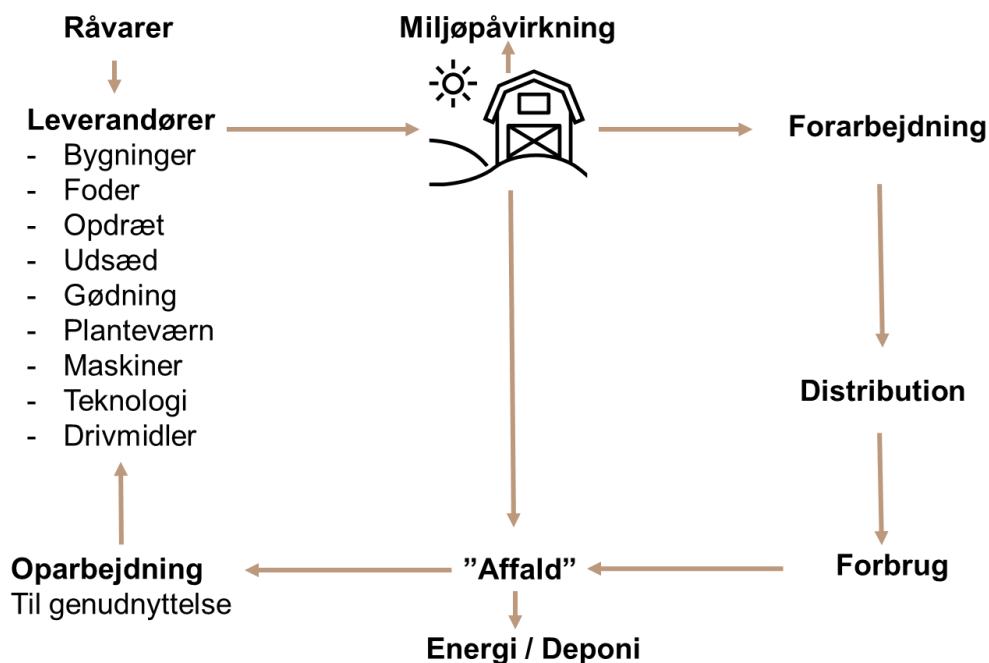
En væsentlig pointe ved trekanten er, at vilkårene kan ændre sig fra led til led i værdikæden. Det betyder, at den cirkulære økonomi, som intuitivt er let forståelig og meningsfuld i teorien, hurtigt bliver kompleks at arbejde med i praksis.

Som alle andre produktionserhverv er landbruget en del af den cirkulære økonomi. Figur 1 (nedenstående) viser en simpel skitse af materialernes kredsløb⁵: Fra råvarerne som via leverandører ender hos landbruget for at fortsætte enten i form af produkter til forbrug eller i sidste ende som restprodukter eller "affald" til videre behandling. Den videre behandling kan være forbrænding eller deponi, eller direkte genbrug eller genanvendelse.

⁴ Ordet "teknologisk" dækker ikke helt det modsatte af biologi, andre har anvendt ordet fysiske produkter, men heller ikke det adskiller klart fra biologien.

⁵ I Figur 1 er drivmidler – dvs. benzin, diesel, el mv. mærket med en stjerne, fordi de ikke indgår i nærværende kortlægning. De kan naturligvis betragtes som materialer, men vi har valgt at betragte dem som en del af energiforsyningen og dermed måske tættere knyttet på klimaudfordringen end på den cirkulære økonomi. Modellerne vi har udviklet, er dog forberedt til også at kunne inkludere drivmidler. Det er et videre perspektiv i beregningen af fx klimabelastningen fra et landbrug.

Figur 1 Landbruget i den cirkulære økonomi



I nærværende analyse er det den enkelte landbrugsbedrift og forbruget af ressourcer, der står i centrum. Det understreges, at det er opgørelsen af mængderne af materialer, der er i fokus i kortlægningen og ikke miljøeffekter som biodiversitet, klimapåvirkning eller udledning af kvælstof. Det er muligt at kæde den cirkulære økonomi sammen med livscyklusbetragtninger om miljøeffekten herunder klimaet, som vi beskriver i perspektiverne for denne kortlægning.

Formålet med kortlægningen er at få et overblik over ressourceforbruget – teknologiske og biologiske – på et landbrug, og for at undersøge variationen indgår elleve forskellige bedriftstyper i kortlægningen: smågriseproduktion, økologisk mælkeproduktion, slagtesvin, rugeægproduktion, konventionel mælkeproduktion, et landbrug med konventionel planteavl, frilandsgrise, frilandsgartneri, planteavl med conservation agriculture, slagtekyllinger, og økologisk planteavl. I kortlægningen er der fokus på input og output af materialer. Output i den biologiske cirkel er typisk landbrugsprodukter til videre forarbejdning og salg til foder og fødevarer, mens output af den teknologiske cirkel typisk er som affald til deponi, forbrænding, nyttiggørelse eller genanvendelse.

3. Opgørelse over cirkulær økonomi i landbruget

I det følgende præsenteres kortlægningens metoder og kilder. Kortlægningen har rejst en del metode-mæssige spørgsmål, som vi har taget stilling til. Vores valg er primært defineret af det muliges kunst. Vores valg er fremlagt her, så de kan diskuteres, medtages i vurderingen, og måske kan bedre metoder og kilder findes til fremtidige studier.

Alle landmænd i undersøgelsen har fået de registreringer tilbage, som vi har foretaget. Registreringerne findes i regneark og ved en revision genberegnes modellerne automatisk. Der er også adgang for den enkelte landmand til alle beregninger. Det hele er samlet i et excel-ark. Det er altså forholdsvis let for landmanden at forfine eller præcisere beregningerne, hvis nye data eller informationer dukker op. I regnearket kan landmanden vælge at sammenligne sig med enten en landsdækkende opgørelse over genanvendelsen af materialer eller en opgørelse for den kommune, hvor landmanden er placeret.

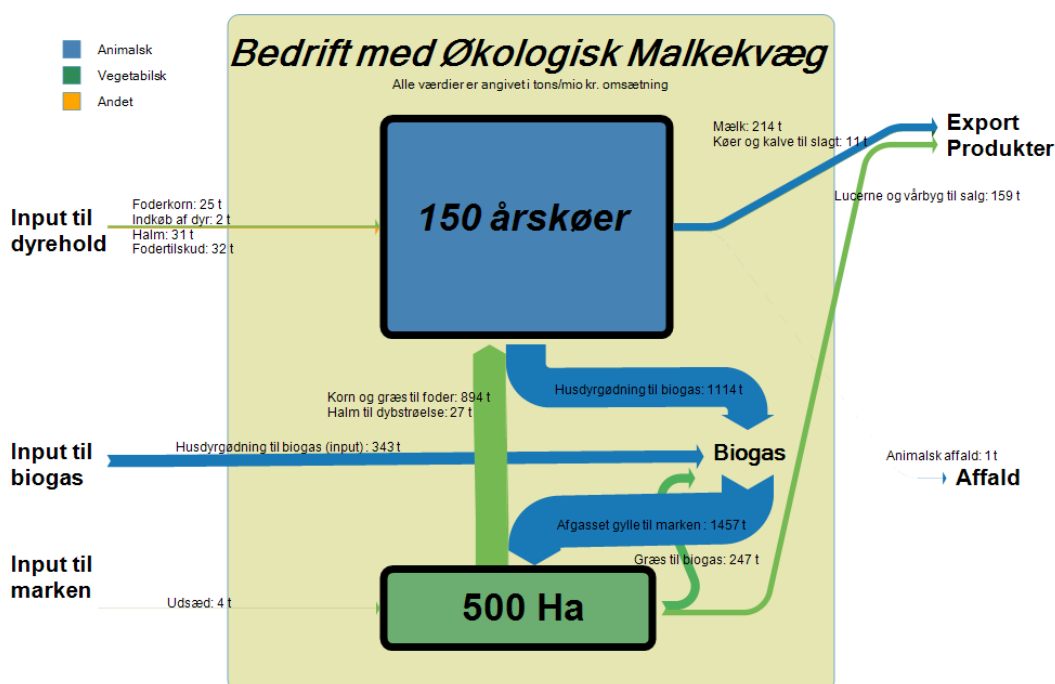
Præsentationen i det følgende er opdelt på hhv. den biologiske cirkel og den teknologiske cirkel, idet de to cirkler er væsentligt forskellige i både tilgang og datagrundlag.

3.1. Metode og kilder til kortlægning af den biologiske cirkel

Kortlægningen af ressourceforbruget i den biologiske cirkel, er foregået i 3 trin.

1. Gennemgang af tilgængelige data i landbrugets database, fx MarkOnline, foderopgørelser og regnskaber.
2. Gennemgang af data ved et besøg hos landmanden. Her blev eventuelle tvivlsspørgsmål opklaret, og yderligere data blev indsamlet, fx halmanvendelse, udnyttelse af afgrøder mm.
3. Gennemgang af data, og udregning af de samlede materialestrømme ud fra de indsamlede data.

Data præsenteres i et Sankey-diagram hvor alle materiale- og ressourcestrømme er opgjort og vist i tons pr. 1 mio. kr. i omsætning pr. år. Et eksempel er præsenteret nedenfor.



3.1.1. DATAKILDERNE TIL KORTLÆGNINGEN AF DET BIOLOGISKE KREDSLØB

Kilderne til kortlægningen af den cirkulære økonomi er følgende:

- **Fysisk kortlægning.** Teknologisk Institut og SEGES har registreret materialer på landbruget ved at gennemgå det enkelte landbrug bygning for bygning. Her er data for fx halmanvendelse og udnyttelse af de forskellige afgrøder også kortlagt.
- Der er trukket data fra **MarkOnline** for hver bedrift. Dette dataudtræk er anvendt til at få gødningsanvendelse og mængder, udbytter, hvis ikke der foreligger særskilt udbytteregistrering, anvendelse af sprøjtemidler mm.
- Til vurdering af vægt af fx dyr til salg er anvendt **landmandens egen vurdering og regnskab.**
- Indkøb af foder, evt. handelsgødning mm, er opgjort ud fra **landmandens regnskab.**

3.1.2. METODEMÆSSIGE OVERVEJELSER FOR DET BIOLOGISKE KREDSLØB

I det følgende skitseres de væsentligste metodemæssige overvejelser i vurderingen af det biologiske kredsløb:

- **Præcision.** Hver kortlægning på et landbrug har nogle data, der er opsamlet ved hjælp af landmandens skøn. Fx vægt af solgte dyr, og procentdelen af halm der nedmuldes. Et mere præcist tal vil kunne findes, men det kræver mere arbejde for landmanden i driften, bl.a. skal mængden af halm der nedmuldes registreres, og samtidig skal der registreres vægten af døde dyr, der hentes af DAKA. DAKA registrerer i dag kun antal og ikke vægt.
- **Datakvalitet.** Ved indhentning af data fra MarkOnline er der observeret store forskelle i datakvalitet. Nogle bedrifter registrerer alt jævnlige, mens det er tydeligt at nogle bedrifter ikke anvender MarkOnline i samme omfang. Det er derfor vigtigt at tjekke data inden besøg, så eventuelle usikkerheder kan afklares med landmanden.
- **Reproducerbarhed.** Den overordnede tanke er at udvikle et registreringsark, der kan bruges til indsamling af data og udregning af materiale-flows, på alle bedrifter. Pga. den store variation i datakvalitet, har det endnu ikke været muligt at udvikle et sådant regneark. Beregningerne skal derfor i nogle tilfælde startes forfra, hvorfor reproducerbarheden kompromitteres, da risikoen for menneskelige fejl stiger.

3.2. Metode og kilder til kortlægning af den teknologiske cirkel

Kortlægningen af landbrugets andel af de teknologiske ressourcer er foregået i fire trin:

1. Gennemgang af al teknologi på landbruget (bygninger, staldinventar, værktøj, maskiner, gylletanke, asfaltveje, vogne, redskaber, sække, plast).
2. For hver registrering opgøres antal leveår og vægt, samt der foretages en vurdering af usikkerheden i registreringen på en skala fra 1 (Meget sikkert) - 5 (Løst og usikkert gæt).
3. Registreringer opdeles efter de materialer, som Miljøstyrelsens affaldssystem indeholder, og som svarer til de fraktioner, materialer opdeles i på genbrugspladserne.
4. Registreringen af materialer kobles til Miljøstyrelsens oplysninger om affaldets behandling i enten deponering, forbrænding, nyttiggørelse eller genanvendelse. Øvelsen er billedlig talt, som at stå på genbrugspladsen og fordele alt, hvad der findes på landbruget i genbrugspladsens foruddefinerede fraktioner.

Tabel 1 (nedenstående) viser uddrag af et registreringsark ved kortlægningen, som er indrettet, så alle registreringer kan følges til kilden. **Bygnr.** Henviser til at alle bygninger før registreringen er registreret, så oplysninger om størrelse mv. er hentet fra BBR registeret. **Hvad** er registreret, fx Gylletank. Affaldsfraktion – **Fraktion #** er nummerering af affaldsfraktionerne (foretaget af Teknologisk institut), og **Fraktion** viser valget i tekst. **Vægt i kilo** er den samlede vægt, **Modifikator** er med, så evt. bygninger og maskiner, der deles med andet landbrug ikke medregnes. **Usikkerhed** på skala fra 1 til 5 noteres. **Levetid i hele år** noteres samt **usikkerhed** for denne vurdering. Felterne til **bemærkninger** og **kilde**

indikerer, hvordan beregning af vægt og levetid er blevet til. Til støtte af notater er der i øvrigt taget fotos af langt det meste materiale. Fraktion #, kilo og levetid anvendes i videre beregning.

Tabel 1: Eks. på registreringsark til registrering af materialestrømme i det teknologiske kredsløb

Bygnnr	Hvad	Fraktion #	Fraktion	Vægt i kilo	Mo- difi- kator	Usik- ker- ve- tid i - hele vægt år	Le- tid i	Usikkerhed - levetid	Bemærkning og beregninger	Kilde
	Gylletank	42	Ren beton	233.931	100%	2	25	2	Vægt beregnet med gylletankberegner for diameter og volume. Levetid fra SKAT's vejledende levetider for landbrugsbygninger.	Gylletankberegner. Levetid: https://skat.dk/skat.aspx?oid=1649778
2	Ladebygning (2) Fra 1906	45	Lader og maskinhaller (beregner)	392	100%	2	215	4	Byggeri 1906 - Stor hal 36x15. Vægt måske undervurderet med hensyn til murede vægge? - Bygning i god stand. Anslået restlevetid 100 år fordi bevarelsesværdig	Nøgletal
2	Undertag i ladebygning af træ	39	Træ	7.020	100%	2	50	3	Træundertag i bygning fra 1906 opsat senere	Nøgletal
2	Ladebygningens tungere vægge	6	Bygge- og anlægsaffald	1.166t	100%	2	145	3	Muren rundt om bygningen fra 1906	Nøgletal
2	Halmfyret	23	Jern og metal	1.500	100%	2	25	3	Halmfyret forventet levetid og vægt anslået. Mærke Linka	Nøgletal

Registreringen af bygninger, maskiner og materialer på landbruget har til formål at opdele alle anvendte materialer i fraktioner, der svarer til Miljøstyrelsens affaldsdatabase. Affaldsdatabase registrerer, i hvilket omfang en fraktion, fx glas eller beton, deponeres, forbrændes, nyttiggøres eller genanvendes.

For mange materialer har Teknologisk Institut fundet standardtal, som på grundlag af fx antal eller længde gør det muligt at estimere mængden, fx hvad jernrør vejer pr. meter eller en standard muret bygning. I regnearket er der opgivet en række standardmål og kilden for standardmålet.

Nogle typer af byggeri anvendes på de fleste landbrug, og for nogle typer byggeri har det været muligt at beregne en estimation af vægten. For at lette estimeringen af materialerne har Teknologisk Institut udviklet små beregnere, som er inkluderet i regnearkene. Her et par eksempler på beregnere, som er anvendt flere gange, og som, på grundlag af de ydre mål, leverer en estimering af det medgåede materiale. Begrebet "beregner" er udtryk for en beregning, som løber over flere celler med en inputcelle og en outputcelle. Resultatet af estimeringerne indgår herefter i beregningerne. Eksempler på de vigtigste beregnere er herunder:

Gylletank- og siloberegner

Den beregner, som er benyttet til estimeringen af mængden af beton i en gylletank, bygger på de geometriske regneregler, som gælder for en cylinder. Specifikt er det alene formelen for en volumen af en cylinder, der benyttes. Formlen er givet ved $V_{\text{cylinder}} = h \cdot \pi \cdot r^2$. Oplevelsen er, at landmændene ofte ikke er bekendte med dimensionerne på deres gylletanke, men altid kan sige, hvor meget gylle de kan indeholde. Derfor kan diameteren, som er målt igennem Google Maps, og mængde af gylle som gylletanken kan indeholde, tilsammen give de oplysninger der er nødvendige for at beregne resten af tankens dimensioner. Dette er selvfølgelig behæftet med usikkerheder, da den mængde gylle som tanken kan indeholde, ikke svarer til når den er fuld til randen. Derfor vil den mængde beton, der findes ved brug af denne beregner være estimeret, men relativt kvalificerede estimeret.

Den praktiske måde hvormed mængden af beton bliver beregnet sker ved at udfylde formelen for volumen af en cylinder. Dog vil dette svare til den mængde af gylle, der kan være i selvtanke. For at isolere den mængde af beton som er i væggen ligger derfor væggenes tykkelse til den diameter som er målt. Volumen af gylletanken samt væggen bliver udregnet, hvorefter den volumen som er beregnet som tankens indhold, bliver fratrukket. Dette isolerer den volumen som er i selve gylletanksvæggen, givet ved $V_{\text{indre}} - V_{\text{ydre}} = V_{\text{væg}}$. Slutteligt så har en gylletank også en bund. Denne udregnes blot med den almindelige formel for en cylinder, idet bunden er solid af beton, hvorfor der ikke skal fratrækkes noget volumen.

Som det ses på nedenstående udklip af beregneren, som er indsat, kan man selv justere på væggenes og bundens tykkelse, gyllemængde, diameter samt betonvægt pr. m^3 . Dette er med til at mindske den usikkerhed, der er i resultaterne, da den kan tilpasses til de specifikationer som de enkelte gylletanke har.

Eksempel på gylletanksberegner

Volumen af beton på gylletanke udregner (UDFYLD)			Volumen af beton i Betonvægt i			
Gyllemængde i m ³	Diameter i meter	Højde	væg	væg	Betonvægt i bund	Samlet gylletank vægt i beton
3.000,00	31,00	3,97 m	77,92 m ³	187.005,20 kg	362.288,46 kg	549.293,67 kg
Tykkelse væg i meter		Tykkelse bund i meter				
0,2		0,2				
Betonvægt pr. m ³ i kg						
2400						

Samme beregningsmetode er brugt til at estimere indholdet af materialer i siloer.

”Dækgrav” beregner

Beregneren som er benyttet til ”dækgrave” bygget på samme princip som gylletanksberegneren. Dækgrave består af, i de tilfælde vi har mødt dem, kasser i beton i forskellige dimensioner. Derfor benytter dækgravsberegneren formlen $V = a * b * c$, som bestemmer volumen af en kasse. Modsat gylletanksberegneren kan vi i forvejen ikke kende den volumen, som kan være i betonen. Det er derfor nødvendigt både at tage højde, bredde og dybde af kassen for at bestemme arealet. Da hele graven ikke er fyldt med beton, er det derfor væggene og gulvet som beregnes. Den kan tilpasses til alle former for dækgrave, fordi man kan vægte både murstørrelse og antal. Derudover benyttes den også til at udregne volumen af betongulv.

Eksempel på dækgravsberegner

Volumen af beton i dækgrave etc.				Volumen af beton i m ³	Vægt af beton
Højde i m	Længde i m	Bredde i m	Antal vægge	733,80 m ³	1.761.120,00 kg
2,5	80	0,3	3		
Gulvtykkelse i m	Gulvlængde i m	Gulvbredde i m			
0,12	80	53			

Materialernes levetid er meget forskellige. Emballage fra fodersække findes kun på gården kort tid, traktoren i flere år og bygningerne står måske 50-100 år – eller mere. Materialestrømmen, som opsummerer materialerne på et landbrug er derfor omregnet til det årlige forbrug. Hvis bygningen holder i hundrede år, så indgår den med 1/100 del affald pr. år, traktoren der holder i 12 år indgår med 1/12 del pr. år – og da den deles 50/50 med naboen, er den kun indregnet med det halve materialeforbrug, altså 1/24 del.

Det er naturligvis en teoretisk betragtning, da ingen kører rundt på en 1/24-del traktor, men kun en hel traktor. Men ved at opgøre materialet til traktoren får vi et mål for materialeforbruget, som er sammenligneligt på landsplan år for år. Ligeledes får man et grundlag for at kunne estimere landbrugserhvervets årlige potentialer af en given materialefraktion.

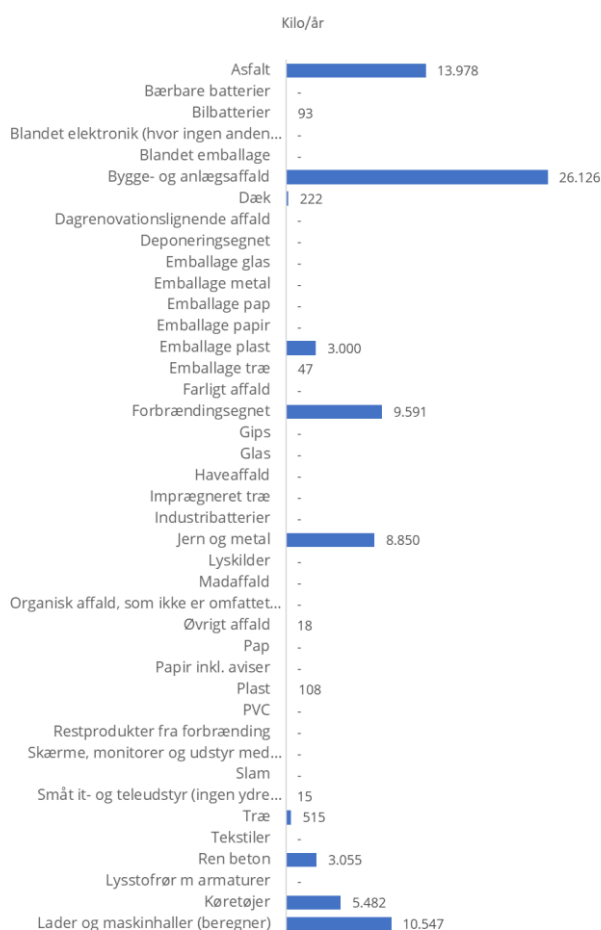
For nu at blive ved en traktor - som eksempel, så har en Massey Ferguson 8735S ifølge <http://www.tractordata.com/> en vægt på 18.000 kilo og dertil kommer dækkene (900/60R42) bagpå af 405 kilo og foran (650/60R34) på 205 kilo. Et dæk består af omkring 30 procent stål, og lidt tekstil. Hvis der bruges et sæt dæk i traktorens levetid er forbruget altså jern og metal: $(18.000 \text{ kilo traktor} + 2 \text{ dæk} \times ((405+205) * 0.3 \text{ jern})) / 12 \text{ år} = 1530,5 \text{ kilo jern og metal pr. år}$ samt $2 \text{ dæk} \times ((405+205) * 0.7 \text{ gummi}) / 12 \text{ år} = 71 \text{ kilo gummi pr. år}$.

Allerede her afsløres udfordringen i beregningens nøjagtighed, for traktoren består af andet end jern og metal. Der er fx også et sæde af andet materiale, der er plastmaterialer og kompositter, der er elektronik og i dækkene indgår desuden fibre / tekstiler og kemikalier. Desuden er der levetiden, for en velholdt traktor kan måske holde i mange flere år. Vi har i de fleste tilfælde henholdt os til den finansielle afskrivning, med mindre andet har været oplyst. Det er også muligt, at traktoren ikke sælges til skrot efter 12 år, men har en langt længere levetid. I så fald må der divideres med et større antal år, og det årlige ressourceforbrug vil falde.

Der er tydeligvis en vis usikkerhedsmargin i kortlægningen i forhold til både levetider og materialer. Afgørende er det, at usikkerheden er kendt, og konklusionerne træffes iberegnet usikkerhederne i opgørelserne. Usikkerhed præsenteres systematisk længere fremme.

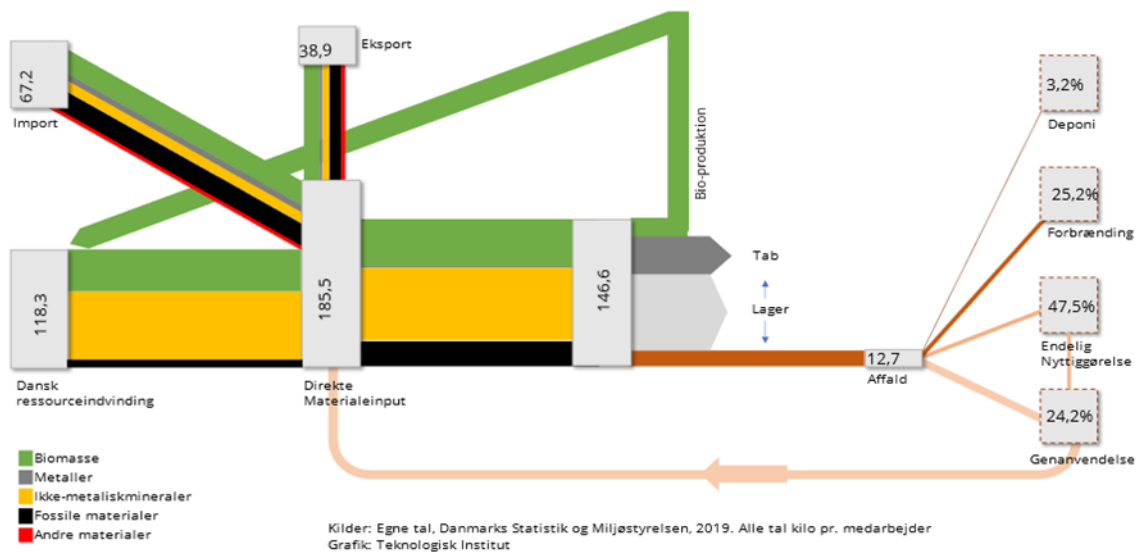
Figur 2 (nedenstående) viser den færdige opgørelse over materialer på landbruget, opdelt, så listen matcher Miljøstyrelsens affaldsdatabaser. Helt karakteristisk, er det bygningsaffald – og dermed bygninger samt jern og metal fra maskiner, bygninger og staldudstyr, som vejer tungest i landbrugets materialeregskab.

Figur 2 Eksempel på materialeprofil for et dansk landbrug



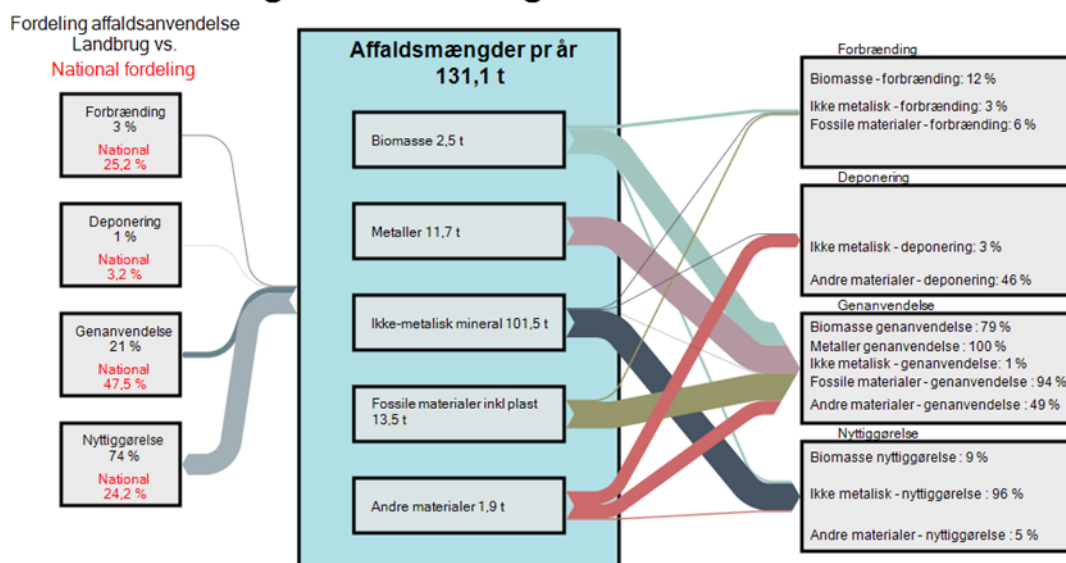
Nedenstående grafik viser et Sankey-diagram for materialeflowet for hele Danmark, samt fordelingen af affald. Grafikken viser, hvordan materialernes strøm gennem Danmark teoretisk set er. Denne figur er baseret på Miljøstyrelsens opgørelser over affaldsstrømme og -behandling i Danmark. På inputsiden vises, med udgangspunkt i tal for hele Danmark, den mængde materialer der anvendes i Danmark. Der er materialer der indvindes i Danmark, typisk byggematerialer, og materialer der importeres. Til sammen udgør indvindes og importeres i alt 185,5 mio. tons i Danmark. Heraf eksporteres 38,9 mio. tons, og resten anvendes som input i det danske samfund. Ud af de 146,6 tons input, bliver 12,7 tons til decideret affald, der enten deponeres (3,2 %), forbrændes (25,2 %), nyttiggøres (47,5 %) eller genanvendes (24,2 %). På den enkelte bedrift indgår materialer, hvoraf en stor del "deponeres på bedriften" (lager), fx ved at blive til bygninger eller maskiner, der holder i mange år. En mindre del går tabt fx ved slid (tab). Landbruget selv indvinder biologiske ressourcer, som indgår i det samlede input til Danmark, og en del bliver hvert år til affald.

Materialeflow for Danmark og fordeling af affald, mio tons



I følgende grafik er bedriftens ressource- og materialestrømme opgjort i tons/år (den blå boks). I højre side af diagrammet ses den procentvise andel af hver affaldskategori (biomasse, metaller, ikke-metalliske mineral, fossile-materialer inkl. plast, andre materialer) som går til hhv. forbrænding, deponering, genanvendelse og nyttiggørelse. På venstre side er vist hvor stor en andel af den samlede affaldsmængde der går til hhv. forbrænding, deponering, genanvendelse og nyttiggørelse. Tallene for det enkelte landbrug er her sammenlignet med den nationale fordeling. Dette vil give landmanden et overblik over, hvor hans ressourcer og materialer ender – og dermed måske give en ide til, hvor der kan forbedres.

Ressource- og materialestrømme for et landbrug med økologisk malkekvæg



3.2.1. DATAKILDERNE TIL DET TEKNOLOGISKE KREDSLØB

Kilderne til vurderingen af den cirkulære økonomi er følgende:

- **Fysisk kortlægning.** Teknologisk Institut og SEGES har registreret materialer på bedriften ved at gennemgå den enkelte bedrift bygning for bygning, rum for rum og hvad der i øvrigt måtte være placeret/parkeret på matriklen.
- Som støtte til gennemgangen har vi anvendt **SEGES Økonomidatabase**, som indeholder en oversigt over landbrugets bygninger og maskiner, samt en vurdering af levetider. Det har været en støtte, men registreringerne er af varierende kvalitet. Levetiderne bygger mere på finansielle afskrivninger end på tingenes reelle levetid. Databasen er udviklet til andre formål, men i fremtiden kunne den måske indrettes til et hurtigt overblik til en screening i den cirkulære økonomi.
- Til vurdering af vægt har vi anvendt en lang række **kilder og tommelfingerregler**. Fx at en solid murstensbygning vejer ca. 2 tons pr. kvadratmeter. For andre konstruktioner har vi lavet beregninger, fx anvendes vægtfylden på beton til beregning af materialeanvendelsen i gylletanke. For større maskiner kan vægten ofte findes i dokumentationen eller på nettet, som fx <http://www.tractordata.com/>. Ved mindre ting, fx vægten på maskiner og værktøjer i værkstedet har vi gættet på vægten sammen med landmanden. Usikkerheden fra del til del er dermed forskellig fra ret præcis (traktorens vægt) til meget usikkerhed (vægten af maskinerne på værkstedet).
- **BBR-registeret** har detaljerede oplysninger om bygningerne og deres størrelse. Anvendt, hvor muligt. Stor nøjagtighed.
- **Miljøstyrelsens affaldsdatabase**⁶ opdeler affaldet i omkring 40 fraktioner og for hver fraktion opgøres desuden behandlingen (deponering, forbrænding, nyttiggørelse, genanvendelse). Nogle fraktioner, som fx byggematerialer og udtjente køretøjer, kan yderligere opdeles i materialer. Vi har brugt Miljøstyrelsens opgørelse i yderligere materialefraktioner til estimering af materialeindholdet i fx byggeaffald eller udtjente køretøjer. Resultaterne herfra bygger således på en gennemsnitsbetragtning. Miljøstyrelsen selv gør opmærksom på, at der er betydelig usikkerhed i registreringerne. Den usikkerhed afspejles naturligvis i de resultater, der er i denne undersøgelse.
- **Danmarks Statistik. Materialestrømsregnskabet**⁷ er en opgørelse over den samlede materialestrøm i Danmark. Materialedata er opdelt på anden vis end affaldsdatabasen, og de to databaser afspejler kun delvis hinanden. Alle fraktioner fra kortlægningen er opdelt efter både Materialestrømsregnskabet og affaldsdatabasen for at kunne forbinde til begge datakilder. Ligesom for affaldsdatabasen er usikkerhederne i Materialestrømsregnskabet betydelige.

3.2.2. METODEMÆSSIGE OVERVEJELSER FOR DET TEKNOLOGISKE KREDSLØB

I det følgende skitseres de væsentligste metodemæssige overvejelser i vurderingen af det teknologiske kredsløb:

- **Præcision.** Hver kortlægning på et landbrug har et sted mellem 90 – 150 registreringer. Kortlægningen kunne være mere præcis i forhold til opdeling på materialer, vægte og levetid. Lidt afhængig af landbrugets kompleksitet. Fx har vi foretaget en samlet vurdering på vægten af værktøj i værkstedet. En mere nøjagtig kortlægning ville være hammer for hammer (træ og

⁶ <https://mst.dk/affald-jord/affald/affaldsdatasystemet/>

⁷ <https://www.dst.dk/da/Statistik/emner/geografi-miljoe-og-energi/groent-nationalregnskab/materialer-og-affald>

metal), skruetrækkere for skruetrækker (hårdplast og metal), de enkelte maskiner (metal, plast, kobber, elektronik). På genbrugspladsen vil langt hovedparten ende i fraktionen jern og metal, og derfor har vi foretaget et samlet skøn på mængden af metal i værkstedet. Der findes ikke data for, hvor stor en del af de sekundære materialer (træ, plast, elektronik) i værktøjet som behandles særskilt. En formodning er, at mange materialer går til i genindvinding af metallerne og enten afbrændes eller ender i slagge og dermed ofte deponi. Den øgede præcision ville på den ene side give mere indsigt, men på den anden side ikke matche Miljøstyrelsens affaldsdata. Kortlægningerne ville desuden blive langt mere ressourcekrævende, uden egentlig at tilføre merværdi til indsigten.

- **Afgrænsning.** Nogle produkters levetid er lang. Vi har set boremaskiner fra 1950'erne og lige så gamle landbrugsredskaber. Nogle køber brugt, andre sælger brugt. I direkte sammenligninger ville brugstimer på maskinerne omregnet til år måske tilføre værdi til beregningen, men også øget kompleksitet. Vi har holdt os til at måle i år, og ved interview af landmanden forsøgt at afgøre produktets levetid, hvis vi ikke har holdt os til de data, der er opgjort i SEGES Økonomidatabasen.
- **Nyttiggørelse af materialer.** I nogle tilfælde har landmanden været med til at nyttiggøre materialer, fx ved at anvende nedknust bygningsmateriale som vejfyld. Hvor gammel bygningerne har været vides ikke, så hvordan skal materialet indgå i beregningen? En mulighed ville være at indregne materialet og så sætte levetiden til 50 år, men materialet vil aldrig ende i affaldssystemet. Der kommer et nyt lag på vejene, når det gamle er nedslidt. Vi har valgt at give kredit til anvendelsen i regnskabet, så nyttiggjort affald medregnes som et negativt forbrug. Det svarer i virkeligheden til at indregne tabet i landbrugets interne "deponi".

4. Videre udviklingsmuligheder

4.1. Landmandens forretningsmuligheder i den cirkulære økonomi

Analysen kortlægger materialestrømmen gennem en landbrugsbedrift og ikke for hele kredsløbet.

Det er på bedriften, mens materialerne befinder sig der, at landmanden kan gøre en forskel. Landmandens muligheder handler om input, varetægt og output. Det er perspektivet for kortlægningen. De valg landmanden skal foretage skal være sunde for både ressourceforbruget, miljøet og indtjeningen. Den cirkulære økonomi åbner for en række forretningsmuligheder, som her gennemgås i overblik:

- **Input.** Landmanden påvirker materialestrømmen allerede gennem sine valg på inputsiden. En stor del af ressourceforbruget og mulighederne for at strække ressourcerne lægges fast allerede ved valget af bedriftsform - rammerne for landmandens muligheder i den cirkulære økonomi. Alle de aktive valg har konsekvenser for de efterfølgende muligheder for at skabe en cirkulær økonomi. I indkøbet kan landmanden fx prioritere at købe materialer, som har længst mulig holdbarhed, materialer lavet af genbrugsmaterialer eller materialer, som sikrer andre materials holdbarhed. Vurderingen af de bedste valg skal foretages konkret. Der er grænser for valgfriheden, som illustreret af trekanten ovenfor: priser, kvaliteter og forsyninger (markedet) skal være der. Materialerne skal kunne fungere og bearbejdes rentabelt efter hensigten (teknologi), og grundlæggende skal valget påvirke det omgivende miljø, ressourceforbruget og klimaet (miljø) mere hensigtsmæssigt end andre valg. Landmandens muligheder på input siden:
 - Tilrettelægge driften, så indkøb og ressourceforbrug undgås.
 - Overveje digitale løsninger i stedet for fysiske løsninger.

- Indkøbe i fællesskab med andre og dele.
 - Indkøb med blik på levetid, muligheder for fleksibilitet, reparation og opgradering.
 - Indkøb med blik på ressourcebevarelse, fx at materialerne let kan skilles og sorteres.
 - Indkøb med stort indhold af genanvendte materiale.
 - Købe brugt.
 - Indkøb få materialer.
 - Indkøb efter materialernes muligheder for genanvendelse.
 - Indkøb hvor producenterne kan tage produkterne tilbage til opgradering, recirkulation.
- **Varetægt** er den tid, hvor landmanden har materialerne i sin varetægt. På den biologiske side handler det dels om sikring af kredsløbet på bedriften og produktion af biologiske produkter for afsætning.

På den teknologiske side handler det om at reducere forbruget af materialer i længden. Reduktion af forbrug kan handle om omlægninger, fx gennem digitalisering, så behovet reduceres, og for de materialer landbruget har - handler det om at kunne genbruge, reparere, opgradere eller muligvis at dele materialer og teknologi. Mulighederne for at forlænge levetiden er ofte fastlagt allerede ved indkøbet. Et eksempel set i kortlægningen er at stalde opført i 1970'erne til svin er lave og specialiserede bygninger, der taber deres værdi, når bedriften lægges om eller udvikles med ny teknologi, mens store bygninger opført for mere end 100 – 150 år siden løbende kunne ændres og tilpasses til nye formål, fordi de var opført med stor højde. Dog skal det nævnes at lave grisestalde er mere energioptimale, billigere at bygge m.m., hvorfor der er flere ting at tage hensyn til, når der vælges løsninger med blik for den cirkulære økonomi. Eftersom bygningsmassen på et landbrug udgør en væsentlig del af det teknologiske ressourceforbrug, er fleksible og holdbare bygninger en langsigtet mulighed i den cirkulære økonomi.

- Digitalisering.
 - Dele med andre.
 - Være i stand til at reparere og opgradere eller omstille.
 - Løse opgaven med det man har.
 - Indrette driften så ressourceforbrug reduceres.
 - Reducere spild.
 - Genbruge materialer.
- **Output.** I det biologiske kredsløb er landmandens produktion delt mellem det, der forlader bedriften (dyr til slagting, afgrøder), og det der bliver på bedriften (gylle, halm til nedpløjning, materialer til bioenergi eller bioraffinering) og den biologi, der forlader bedriften til videre forarbejdning og konsum, har den enkelte landmand i hovedreglen ikke megen indflydelse på.

Anderledes med det teknologiske kredsløb. En del af materialerne går videre til direkte genbrug – fx salg af brugte landbrugsmaskiner, mens andet går som affald. Jo højere andel der kan sælges videre til genbrug, des bedre - og den del der betragtes som affald, kan også betragtes som ressourcer. Landmandens mulighed her er ofte at sikre en god sortering af materialerne før de leveres videre til kommunen som er ansvarlig for affaldsbehandlingen, eller via tilbagetagningsordninger direkte til leverandør, forhandler eller producent. Også her skal markedsmuligheder, teknologi og miljøpåvirkning balanceres.

- Sortere affald i fraktioner, der kan nyttiggøres eller genanvendes hensigtsmæssigt.
- Kontakt til affaldsbehandler om større fraktioner.
- Får returneret varer / fraktioner, hvor der er tilbagetagningsordninger.

5. Perspektivering – og fremtidigt arbejde

For at denne metode til udarbejdelse af landbrugsbedriftens CØ-profil kan udbredes bredt i landbruget, er der dog behov for, at metoden efterprøves på yderligere bedrifter, og gerne mere komplekse bedrifter, for at sikre, at metoderne kan anvendes til alle driftsgrene i landbruget. Ved udarbejdelse af rapport for en af de deltagende bedrifter med flere CVR-numre, stod det hurtigt klart at metoderne skal udvikles yderligere for at kunne håndtere komplekse bedrifter med det samme tidsforbrug som en gennemsnitlig bedrift. Metoderne kan stadig anvendes til de afprøvede produktionsgrene, men tidsforbruget stiger markant ved komplekse bedrifter med flere CVR-numre og derved også flere regnskaber mm.

Et krav til en stor udbredelse i landbruget, er dog, at tidsforbruget til udarbejdelse af den enkelte rapport nedsættes. Ved udarbejdelse af rapport for de deltagende bedrifter i år er dog anvendt markant mindre timer end i det tilsvarende projekt sidste år. Dette pga. de erfaringer der er oparbejdet i projekts periode, hvor arbejdsgangene nu er forfinet. Det har inkluderet mere forberedelse og gennemgang af data inden besøg med landmanden, hvilket har gjort besøget hos landmanden mere effektivt, og der er opnået en meget mere effektiv databehandling efterfølgende. I år er bedriftsrapporterne udarbejdet uden "rundtur" på bedriften, hvilket også har minimeret tidsforbruget. De store ting (bygninger, maskiner mm.) er en del af de dataudtræk der laves inden besøget, hvor de ting i det fysiske kredsløb som ikke står i dataudtrækket, viste sig ikke at være relevante for det overordnede billede af den cirkulære økonomi på landbrugsbedrifterne og er derfor udeladt. Der er stadig prioriteret et fysisk møde med landmanden, men det skal overvejes om data kan indsamles uden fysisk at besøge landmanden. Dette arbejde er allerede startet, men det skal undersøges til bunds, og der skal oprettes registreringsark så landmanden nemt kan sætte tal på sin produktion og de fysiske materialer når man har tiden til det, hvorefter SEGES kan overtage udregningerne og udarbejdelsen af profilen, uden besøg hos den enkelte landmand.

På sigt, når CØ-profilerne for landbrugsbedrifterne skal implementeres vidt og bredt, vil det også være smart med en automatisering af dataindsamlingen og beregningerne. Dette ligger et stykke længere ude i fremtiden, men vil på sigt være den optimale løsning. Landmanden registrerer allerede mange ting i forskellige databaser. Det skal derfor undersøges hvordan disse databaser evt. kan udvides til at understøtte udarbejdelsen af CØ-profiler for bedrifterne. En sådan automatisering vil tillade landmanden at trække data på egne materiale- og ressource strømme og vil desuden tillade muligheden for benchmarking.

Under evalueringen af CØ-profilerne med de deltagende case-bedrifter, er der rejst spørgsmål om de benyttede enheder. I sidste års projekt (2021) er der udelukkende regnet i tons, eller tons pr. omsætning, hvilket også er det vi har taget udgangspunkt i ved udarbejdelsen af dette års gådrapporter. Vi er dog klar over det ikke altid er det landmanden har brug for. I nogle tilfælde vil det være mere hensigtsmæssigt at arbejde med en enhed der hedder tørstof, mens det i andre tilfælde vil være hensigtsmæssigt at regne i næringsstoffer (eks. Kg N). Der er derfor et arbejde i gang med at undersøge hvorvidt det er muligt at præsentere en CØ-profil i andre enheder, og i så fald hvilke enheder der er tale om.

Det understreges desuden, at det er opgørelsen af mængder, der er i fokus i denne kortlægning og ikke miljøeffekter som biodiversitet, klimapåvirkning eller udledning af kvælstof. Der bør undersøges videre for at kæde den cirkulære økonomi sammen med livscyklusbetragtninger om miljøeffekten herunder klimaet.

6. Referencer

Ellen MacArthur Foundation. (2015). *POTENTIAL FOR DENMARK AS A CIRCULAR ECONOMY - A CASE STUDY FROM: DELIVERING THE CIRCULAR*. ELLEN MACARTHUR FOUNDATION . Copenhagen: DANISH BUSINESS AUTHORITY. Hentet fra https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/20151113_DenmarkCaseStudy_FINALv02.pdf

Stig Yding Sørensen, M. E. (2017). *Den cirkulære økonomi i en dansk kontekst*. Hentet fra <https://www.teknologisk.dk/ydelser/den-cirkulaere-oekonomi-er-trekantet/39356>

SEGES
INNOVATION

SEGES Innovation P/S, Agro Food Park 15, 8200 Aarhus N

T: +45 8740 5000 - F: +45 8740 5010 - E: info@seges.dk

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.