

Vidensyntese om livscyklusvurderinger og klimaeffektivitet i landbrugssektoren: Del 2 Landbrugsproduktionen

Rådgivningsrapport fra DCA – National Center for Fødevarer og Jordbrug

Troels Kristensen, Lisbeth Mogensen, Marie Trydeman Knudsen,

Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

Datablad

Titel:	Vidensyntese om livscyklusvurderinger og klimaeffektivitet i landbrugssektoren: Del 2 Landbrugsproduktionen
Forfatter(e):	Seniorforsker Troels Kristensen, lektor Lisbeth Mogensen, seniorforsker Marie Trydeman Knudsen. Institut for Agroøkologi, AU
Fagfællebedømmelse:	Professor Uffe Jørgensen, Institut for Agroøkologi, AU
Kvalitetssikring, DCA:	Specialkonsulent Lene Hegelund, DCA Centerenheden, AU
Rekvirent:	Landbrugsstyrelsen, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM)
Dato for bestilling/levering:	20.01.2021/ 17.01.2022
Journalnummer:	2021-0301183
Finansiering:	Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM) og Aarhus Universitet under ID nr. 2.25 "Ydelsesaf-tale Planteproduktion 2021-2024".
Ekstern kommentering:	Landbrugsstyrelsen har afholdt skriftlig interessentinddragelse ved afslutning af både Del 1 og Del 2 af rapporten. De modtagne kommentarer og AUs håndtering af disse kan vindes via dette LINK . Ydermere afholdte LBST et webinar mhbp. interessentinddragelse, inden bestillingen blev af-stendt til AU.
Eksterne bidrag:	I appendix er indhentet oplysninger vedr. igangværende og kommende forskning fra danske universiteter, organisationer og virksomheder.
Kommentarer til besvarelse:	Rapporten er Del 2 i Vidensyntese om livscyklusvurderinger og klimaeffektivitet i landbrugssektoren. Del 1 kan findes her . Rapporten præsenterer resultater, som ved rapportens udgivelse ikke har været i eksternt peer review eller er publiceret andre steder. Ved en evt. senere publicering i tidsskrifter med eksternt peer review vil der derfor kunne forekomme ændringer.
Citeres som:	Kristensen T, Mogensen L, Knudsen MT. 2022. Vidensyntese om livscyklusvurderinger og klimaeffektivitet i landbrugssektoren: Del 2 landbrugsproduktionen. 37 sider. Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 17.01.2022.
Rådgivning fra DCA:	Læs mere på https://dca.au.dk/raadgivning/

Forord

Denne vidensyntese om livscyklusvurderinger og klimaeffektivitet i landbrugssektoren er udarbejdet af forskere ved Aarhus Universitet på baggrund af en bestilling fra Landbrugsstyrelsen (LBST) under Ydelsesaftalen Planteproduktion v. Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening mellem Miljø- og Fødevarerministeriet og Aarhus Universitet 2021-2024.

Som beskrevet i bestillingen ønskes syntesen udformet som en rapport, der dels beskriver forskellige tilgange til livscyklusanalyser og dels redegør for nyeste viden om klimaeffektivitet i landbruget og klimaaftryk af fødevarer. Vidensyntesen er udarbejdet i to dele, hvor del 1 består i en gennemgang af forskellige tilgange til LCA af landbrugsproduktion og fødevarer med fokus på vurdering af klimaaftryk udvalgte fødevarer. Del 2 omhandler klimaeffektiviteten ved produktion i Danmark sammenlignet med andre lande, samt effekten af henholdsvis konventionel og økologisk produktion.

Vidensyntesen bygger på viden fra nyeste publikationer, guidelines og databaser på området. Det kan i den forbindelse nævnes, at Landbrugsstyrelsen ved igangsættelsen af vidensyntesen, inden bestilling, afholdte et webinar med henblik på at skabe åbenhed om processen og få input til projektet, og inden færdiggørelse har rapporten af LBST været sendt i ekstern høring. Kommentarer og AUs håndtering af disse kan findes via linket i databladet.

Indholdsfortegnelse

1. Introduktion	5
2. Dansk landbrug i et internationalt perspektiv	7
2.1 Husdyrproduktion	7
2.2 Planteproduktion.....	16
3. Konventionel versus økologisk.....	19
4. Diskussion	24
4.1 Danmark vs. andre lande	24
4.2 Økologi versus konventionel	24
4.3 Metode	26
4.4 Andre miljøpåvirkningskategorier.....	27
5. Opsummering og forskningsbehov	28
5.1 Klimaeffektivitet i landbruget.....	28
5.2 Fødevarer	29
5.3 Livscyklusvurderingsmetode og international harmonisering	29
6. Litteratur.....	31
Appendix 1	33

1. Introduktion

Videnssynthesen om livscyklusvurderinger og klimaeffektivitet i landbrugssektoren er opdelt i to, og nærværende rapport udgør anden del af den samlede videnssynthese. I Del 1 var der fokus på klimabelastningen fra fødevarer baseret på en gennemgang af de databaser og beregningsmodeller, der anvendes kommercielt og i forskningen i Danmark og internationalt omkring fødevarernes klimaaftryk, efterfulgt af konkrete eksempler på klimaaftrykket fra udvalgte fødevarer på tværs af de forskellige databaser. I nærværende del 2 er fokus på klimaeffektiviteten ved produktion af fødevarer i Danmark opgjort i et livscyklusperspektiv (LCA). Klimaeffektiviteten er her defineret som udledning af klimagasser på produktniveau, dvs. sammenligninger af effektivitet ved produktion af samme produkt i forskellige lande eller i forskellige systemer.

Ved vurderingen af klimaeffektiviteten er det vigtigt at sondre mellem de nationale emissionsopgørelser og livscyklusvurderinger (LCA). Der er mange ligheder mellem de to opgørelsesmetoder i forhold til emissionsfaktorer og data, mens den store forskel mellem de to opgørelsesmetoder er systemafgrænsningen. Hvor de nationale opgørelser har et nationalt og sektorperspektiv og indregner alle drivhusgasemissionerne inden for landets grænser, så har livscyklusvurderingen et kæde- og produktperspektiv og inkluderer således også emissioner uden for landets grænser. Fordelen ved livscyklusperspektivet er, at det giver et indblik i alle de emissioner, der er knyttet til produktionen af et landbrugsprodukt. De emissioner, der er knyttet til produktionen af f.eks. importeret soja eller handelsgødning vil således ikke indgå i de nationale opgørelser af f.eks. dansk produceret svinekød, men vil være en del af emissionerne i en livscyklusvurdering af dansk produceret svinekød. De to forskellige opgørelsesmetoder kan derfor supplere hinanden for at få det bedst mulige overblik over drivhusgasemissioner indenfor og uden for landets grænser, og deres fordeling gennem kæden og mellem de sektorer, der er knyttet til landbrugsproduktion.

Ved beregning af klimaeffektiviteten i landbruget i et LCA perspektiv tages der udgangspunkt i hele produktionskæden, således at alle emissioner og miljøbelastninger, der stammer fra foregående led i kæden er inkluderet f.eks. fra gødningsproduktion på fabrikken, sojaproduktion og transport til Danmark, produktion af elektricitet, dieselproduktion mv. De hjælpepestoffer, der bliver indkøbt til landet og til produktionen er således indregnet. Samtidig er alle emissioner og miljøbelastninger fra selve landbrugsproduktionen inkluderet som f.eks. CO₂ fra forbrænding af diesel, N₂O fra omsætning af gødning og afgrøderester i jorden eller fra husdyrgødning, CH₄ fra omsætning i vommen eller fra husdyrgødning med mere. Som omtalt i Del 1, ses i forskellige studier, at emissioner eller lagring fra kulstofændringer i jorden (Jord-C), samt effekter af ændret arealanvendelse (LUC) nogle gange er inkluderet i livscyklusvurderinger og andre gange ikke. Såfremt det fremgår af studierne, vil klimabidrag fra disse kilder blive præsenteret særskilt fra emissionerne knyttet til produktionen (CF) i form af fossil energi, lattergas og metan. Alle bidrag er udtrykt i CO₂ ækv..

Resultaterne fra en livscyklusvurdering angives typisk som belastning pr. kg produkt, men det kan desuden være relevant med en angivelse af belastningen pr. ha, der er medgået til produktionen. På tværs af studierne kan der være forskelle i den funktionelle enhed, på trods af at der er tale om samme produkt, f.eks. kg mælk eller kg energikorrigeret mælk (EKM) eller for kød kg levende vægt eller kg slagtekrop.

I denne del af videnssynthesen vil der være fokus på primærproduktionen, idet der i Del 1 er redegjort for de emissioner og evt. tab, der sker ved forarbejdning og helt frem til forbrugeren. Andelen af emissionen, der stammer fra primærproduktionen i forhold til den samlede emission fra hele kæden

øges generelt med stigende produktivitet (kg produkt pr dyr eller pr arealenhed), men vil reduceres ved øget forarbejdningsgrad (Gerber et al., 2011). Ved animalsk produktion udgør emissioner i kæden efter bedriften og frem til efter forarbejdning typisk kun en mindre andel af den samlede emission f.eks. for smør 15-20% (Flysjø, 2011). For grise- og oksekød er bidraget fra slagteriet endnu lavere og endda i nogle tilfælde negativt såfremt, der anvendes systemudvidelse, hvor fortrængte emissioner i forbindelse med alternativ anvendelse af biprodukter på slagteriet modregnes (Mogensen, et al., 2015a, Dorca-Preda et al., 2021). Ved planteprodukter kan andelen af emissionen fra forarbejdning i forhold til primærproduktionen være højere end ved den animalske produktion. Dette skyldes bl.a., at emissionen fra primærproduktionen typisk er numerisk lavere i en planteproduktion sammenlignet med i en animalsk produktion, samtidigt med at der ved bearbejdning af planteprodukter kan ske et større svind i mængden således, at emissionen pr. kg produkt stiger.

Der er som udgangspunkt medtaget studier og resultater fra databaser baseret på data siden 2010, dog med enkelte undtagelser, hvor der ikke har været nyere studier. Der er udelukkende medtaget resultater fra studier med en direkte sammenligning mellem lande eller systemer, da metode og data, som vist i Del 1, kan have betydende indflydelse på resultaterne.

Denne vidensyntese fokuserer primært på klimabidraget, men fødevareproduktionen påvirker ikke kun klimaet, men også andre bæredygtighedskriterier, der er højt prioriteret. Der vil være situationer, hvor visse produkter har lav klimapåvirkning, men stor negativ effekt på biodiversitet, økotoksicitet eller dyrevelfærd – eller vise versa. Hvis forbrugere og politikere skal kunne til at træffe de mest bæredygtige valg er det vigtigt, at undgå en risiko for suboptimering ved udelukkende af fokusere på klima.

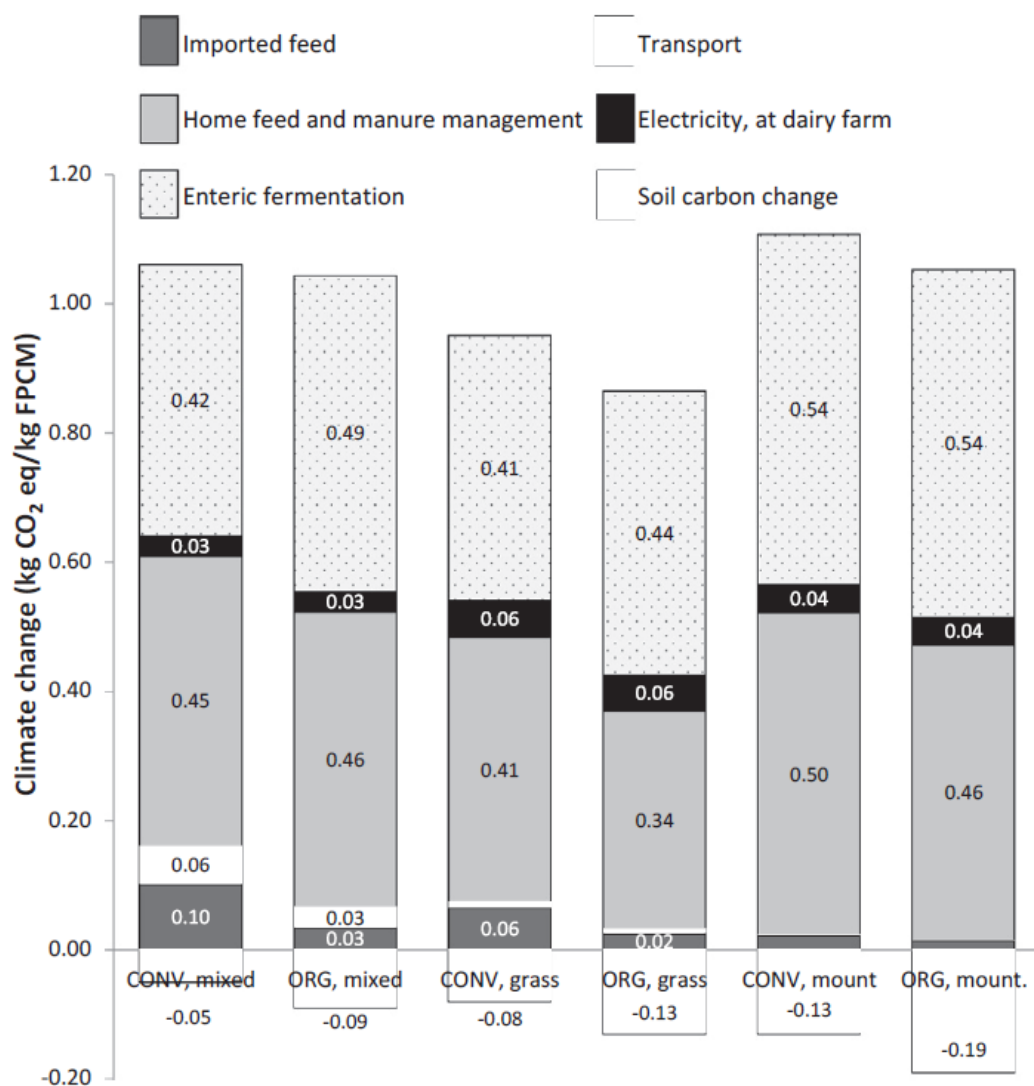
2. Dansk landbrug i et internationalt perspektiv

I dette afsnit er der medtaget resultater fra studier, hvor klimabelastningen eller klimaaftrykket fra danske landbrugsprodukter er sammenlignet direkte med klimaaftrykket fra tilsvarende produkter i et eller flere andre lande. Som udgangspunkt er det kun studier, som er repræsentative for den nuværende produktion i de lande, der er medtaget, men herudover er der resultater fra andre, mere specifikke studier som supplement.

Overordnet vil produktionen på bedriften i form af produktionsniveau i mark og stald, fodersammensætning, foderoptag og udnyttelsen af protein i husdyrene samt mængden af tildelte næringstoffer i handels- og husdyrgødningen være nogle af de afgørende forhold for klimaaftrykket per kg produkt. Desuden kan der være en effekt af de anvendte teknologier, dvs. hvilken staldtype og hvilken metode til håndtering af husdyrgødning, der anvendes. Herudover kan geografiske forhold som temperatur og nedbør påvirke specielt emissionen af kvælstof, men også af metan fra husdyrgødningen. Endelig vil betydningen af f.eks. energiforbruget være afhængig af energikilde og -type, som typisk vil være forskelligt fra land til land og over år.

2.1 Husdyrproduktion

I Figur 1 er vist fordelingen af forskellige klimabidrag per kg fedt- og proteinkorrigeret mælk (FPCM) produceret i seks forskellige mælkeproduktionssystemer. På tværs heraf er det tydeligt, at metan fra dyrenes fordøjelse af foderet (enteric fermentation) og emissioner knyttet til produktionen af foder og den tilhørende håndtering af gødning (home feed and manure management) er de helt afgørende faktorer ved mælkeproduktion, hvorimod f.eks. energiforbrug (electricity at dairy farm) kun udgør meget lille del af den samlede emission. På tværs af systemerne er der kun mindre forskelle i det relative bidrag fra de forskellige kilder, dog er der nogen forskel i omfanget af klimabidrag fra ændringer i jordens indhold af kulstof (soil carbon change). Ændringen i jordens kulstofindhold svarer til at klimaaftrykket reduceres med 0,05 kg CO₂/kg FPCM (dvs. ca. 5%) i det konventionelle danske system, idet der netto indlejres C i jorden. Tilsvarende reduceres klimaaftrykket med 0,19 kg CO₂/kg FPCM (svarende til ca. 20%) i det økologiske østrigske system, hvilket primært relaterer sig til andelen af græs i fodersammensætningen. Øget andel af græs medvirker til kulstofindlejring og dermed en negativ emission, modsat vil der ved f.eks. kornafgrøder typisk være en kulstofudledning og dermed et positivt bidrag til emissionen.



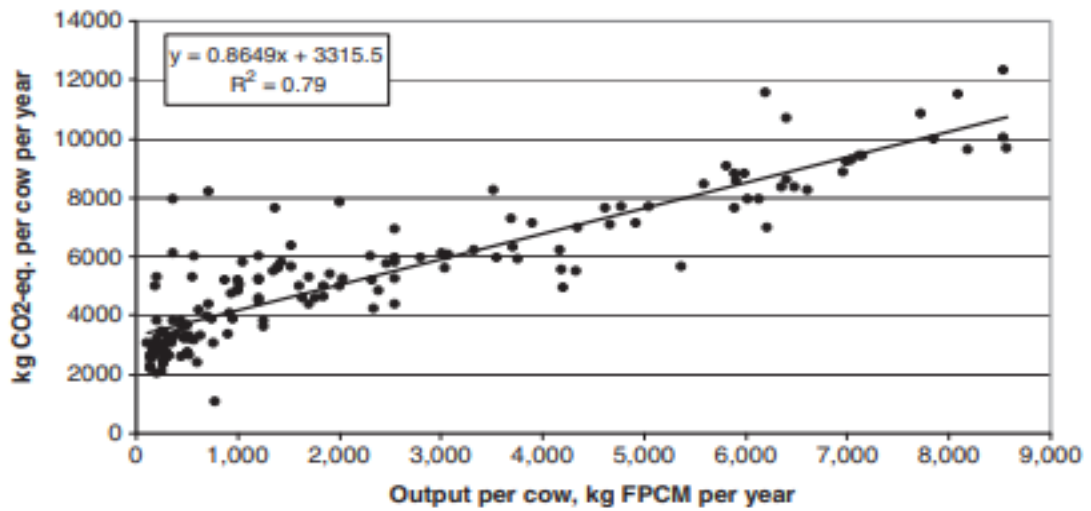
Figur 1. Bidrag til klimaaftryk for mælk produceret i (fra venstre) danske (mixed), engelske (grass) og østrigske (mount.) mælkeproduktionssystemer, der er hhv. konventionelle (CONV) og økologiske (ORG). Klimaaftryk i kg CO₂ ækv. pr kg fedt- og proteinkorrigeret mælk (FPCM) (Knudsen et al., 2019b).

For grisekød er relationerne anderledes, idet metan udgør en mindre del af det samlede klimabidrag, mens foderproduktion og håndtering af gødning, i stald, lager og på marken, er de to helt dominerende forhold (Dorca-Preda et al., 2021). Ved Monte Carlo simulering fandt MacLeod et al. (2013), at fire faktorer forklarede 82% af variation i klimaaftrykket fra grisekød i UK, nemlig emissionen fra gødning, mængden af gødning pr ha, foderoptaget pr gris og andel af soja i rationen til grisene. Set i forhold til mælkeproduktionen er det for dyrkning af foder til grisekødsproduktionen karakteristisk, at der her er en nettofrigivelse af kulstof fra jorden og dermed et positivt bidrag til emissionen af drivhusgasser. Nettofrigivelsen skyldes, at produktionen af grisekød hovedsagelig er baseret på korn og andre en-årige afgrøder, hvor der typisk er en udledning af kulstof i forhold til dyrkning af flerårige afgrøder som græs, der er dominerende i mælkeproduktionen, hvor der derfor sker en nettoindlejring af kulstof i jorden. I beregninger for dansk grisekød er der en estimeret nettofrigivelse af kulstof fra jorden på 0,15 kg CO₂ ækv. pr kg grisekød svarende til 6% af den samlede udledning fra primærproduktionen på 2,60

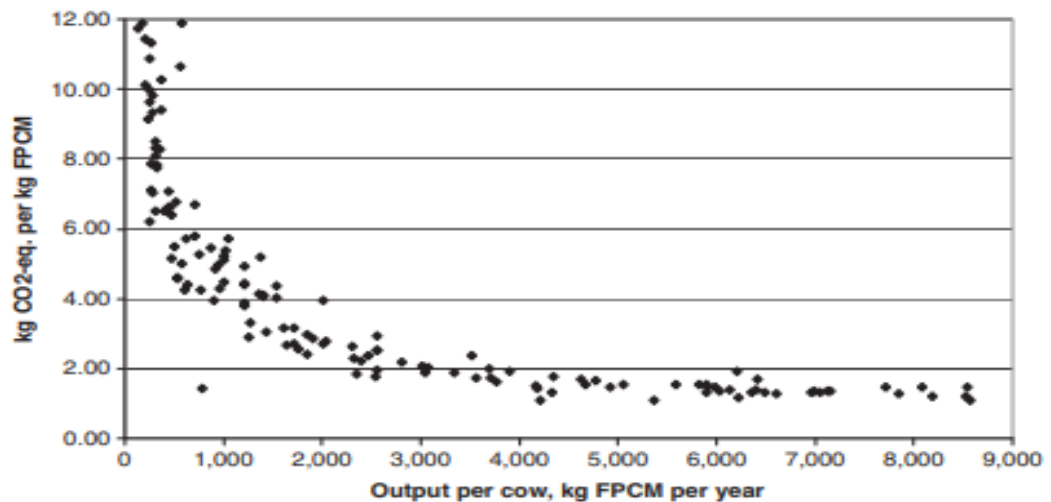
kg CO₂ ækv. Grisekød er i sidstnævnte beregning defineret som den andel af grisen der kan anvendes til human konsum (Dorca-Preda et al., 2021).

Generelt vil klimaaftrykket per kg produkt i husdyrproduktion falde med stigende produktivitet, idet foderforbruget til vedligehold for produktionsdyrene reduceres i forhold til forbruget til produktionen og samtidigt bliver betydningen af foderforbruget til moderdyrene (køer, grisesøer og høner) lavere. For grisekød og kyllingekød samt æg er betydning af foder til moderdyr dog mindre end for mælk og oksekød. Betydningen af produktivitet ses tydeligt for malkekvæg i Figur 2a og b. For den enkelte ko stiger klimaaftrykket med stigende mælkeydelse, som det fremgår af Figur 2a, da en højere mælkeydelse kræver et højere foderforbrug som er et væsentligt bidrag til klimapåvirkningen. Udtrykt i forhold til kg mælk betyder en stigende mælkeydelse per ko per år, derimod et eksponentiel aftagende klimaaftryk per kg fedt- og proteinkorrigeret mælk (FPCM). Effekten vil dog være markant aftagende som vist for mælk i Figur 2.b, således at der i lande med en gennemsnitlig mælkeydelse over 4000 kg mælk pr ko er stort set samme klimapåvirkning pr kg produkt. Der er dog også variationer i området over 4000 kg mælk, således fandt f.eks. Flysjø et al. (2011) ved sammenligning af mælkeproduktionen i New Zealand (NZ) og Sverige den laveste emission, 1,00 kg CO₂ ækv. pr kg mælk i NZ mod 1,16 i Sverige trods en ydelse pr årsko på henholdsvis 4118 kg i NZ og 8843 kg mælk i Sverige. Den lavere klimapåvirkning i NZ skyldes bl.a. mindre indkøb af foder og lavere energiforbrug, hvor produktionen i NZ er baseret på afgræsning i forhold til opstaldning og fodring indendørs i Sverige. Den angivne emission er før indregning af bidrag fra kulstofændringer og effekten af ændret arealanvendelse.

a)



b)



Figur 2. Klimapåvirkningen pr ko (a) henholdsvis pr kg mælk (b) i forhold til produktionsniveauet i kg fedt og proteinkorrigeret mælk (FPCM) pr årsko. Fra Gerber et al. (2011) baseret på nationale gennemsnit ved attributional LCA (A-LCA), protein allokering og indregning af dLUC.

For dansk grisekød har kombinationen af en forbedret effektivitet i mark og stald samt lavere emissioner pga. forbedrede teknologier til f.eks. udbringning af husdyrgødning og anvendelse af gødning til biogas været hovedårsagerne til, at klimaaftrykket i primærproduktionen fra dansk grisekød er faldet fra 4,1 kg CO₂ ækv. per kg levende vægt i 1990 til 2,3 kg CO₂ ækv. i 2016. I samme periode er produktionen af fravænnede smågrise steget fra 21,5 til 32,1 stk. per årsko og foderforbruget per kg tilvækst ved smågrise og slagtesvin er reduceret (Andersen et al., 2021).

I Tabel 1 og 2 er vist resultaterne fra studier, hvor klimaaftrykket for produktion i Danmark er sammenlignet med produktion i andre lande for henholdsvis kvæg- og svineproduktion, samt metode og systemafgræsning, herunder den funktionelle enhed og datagrundlaget. Tilsvarende er der i Figur 3 vist værdier for klimaaftrykket baseret på opslag i databaser, hvor der er en specifik beregning baseret på danske produktionsdata. For nærmere definition af metoder mv. henvises til Del 1 af videnssynthesen og de refererede studier.

Der er tre større studier, som inkluderer både mælk og grisekød, hvoraf Lesschen et al. (2011) og Weiss & Liep (2012) begge er baseret på data fra 2003-2005, mens Wirsenius et al. (2020) er baseret på data fra 2017. I disse studier er både udarbejdet gennemsnit for enkelte lande og i de to første desuden et EU gennemsnit. Ud over de i Tabel 1 og 2 angivne klimaaftryk fandt Lesschen et al. (2011) et klimaaftryk i Danmark for kyllingekød på 1,6 kg CO₂ ækv. pr kg kød, 1,0 kg CO₂ ækv. pr kg æg og 17,5 kg CO₂ ækv. per kg for oksekød, alle på niveau eller under EU gennemsnit. Weiss & Liep (2012) estimerede lidt højere værdier for de tilsvarende produkter på henholdsvis 3,0, 1,6 og 22 kg CO₂ ækv. pr kg, hvilket for æg er under EU-gennemsnit, men for kylling- og oksekød er over niveauet som gennemsnit af de 27 EU lande. For oksekød er sammenligningen af klimaaftrykket mellem forskellige lande påvirket af typen af oksekødsproduktion i forhold til f.eks. alder og vægt ved slagtning og andel af oksekød fra henholdsvis malkekvæg og ammekvæg i de enkelte lande. Studiet af Mogensen et al. (2015b) er medtaget for at illustrere denne effekt, hvor handyr fra malkeproduktionssystemer (tyre på 8-9 måneder ved slagtning) i både Danmark og Sverige har et klimaaftryk på 9 kg CO₂ ækv. pr kg, mens kødproduktion fra relative intensive¹ systemer med kødkvæg, har et klimaaftryk på 24 kg CO₂ ækv. pr kg baseret på kødproduktionen fra slagtede ammekøer, kvier og handyr. De to produktionsformer til oksekød – malkerace versus kødkvægracer – giver således markante forskelle i klimaaftryk pr kg oksekød, hvorfor sammenligninger mellem lande baseret på oksekød skal vurderes ud fra andelen af kød fra forskellige produktionsformer.

I Figur 3, baseret på Quantis World Food LCA database, er der værdier for klimaaftryk for grisekød i fem lande, hvor grisekødet i fire af landene (inklusive Danmark), har et klimaaftryk på ca. 3,6 kg CO₂ ækv. pr kg levende vægt og kun Portugal har lidt lavere klimaaftryk. For mælk er der resultater fra i alt 20 lande med en variation i klimaaftrykket fra ca. 1,1 til 1,8 kg CO₂ ækv. pr kg mælk og her ligger Danmark på ca. 1,4 kg CO₂ ækv. pr kg mælk.

Overordnet anvendes samme metode, attributional LCA (A-LCA), men der er lidt forskel mht. systemgrænser og allokering på tværs af de refererede studier uden at effekten heraf er entydig, undtagen for beregninger af ændringer i arealanvendelsen (LUC), hvor metoden i Wirsenius et al. (2020) giver markant højere bidrag end i de øvrige studier.

¹ Intensiv kødkvægssystemer bruger racer som f.eks. Limousine modsat en mere ekstensiv race som Skorsk Højland. I intensiv kødkvægssystemer fodres der med mere koncentreret foder og afgræsses i højere grad på sædskiftegræs, og derved opnås en lavere alder ved kælving og slagtning end for systemer med de mere ekstensive kødkvægracer.

Tabel 1. Studier for mælk og oksekød, hvor klimaaftrykket (CF), ændringen i jordens kulstof (Jord_C), bidrag fra arealændringer (LUC) og areal til foderproduktion (Areal) pr funktionel enhed (FU) for produktion i Danmark er sammenlignet med produktion i andre lande, samt metode, systemafgræsning og datagrundlaget.

Kilde	Lesschen et al., 2011				Weiss & Leip, 2012				Wirsenius et al., 2020				Guerci et al., 2013		Hietala et al., 2014			
Produkt	Mælk				Mælk				Mælk (inkl. kød)				Mælk		Mælk - økologisk			
FU	Kg mælk				Kg mælk, 4% fedt efter mejeri				Kg mælk				Kg EKM		Kg EKM			
LCA-metode	A-LCA Kun køer, ingen allokering				A-LCA Allokering proteinindhold og system udvidelse				A-LCA Ingen allokering				A-LCA Biologisk allokering		A-LCA			
Jord-C ¹⁾	Kun organiske jorde				Ja				Nej				Ja, inkl. i CF		Nej			
LUC ²⁾	Nej				iLUC				COC ³⁾				Nej		Nej			
Areal	Nej				Nej				Ja				Ja		Nej			
Datatype	EU 27 lande - Database (CAPRI, FOA, GAINS)				EU 27 lande - år 2004 Database (CAPRI)				Nationale data (13 lande) Model ClimAg				Case bedrifter (n=12)		Gård data (6 lande 34 gårde)			
Land ⁴⁾	DK	Gns. EU	Min	Maks	DK	Gns. EU	Min	Maks	DK	Gns ⁵⁾	Min	Maks	DK	IT +DE	DK	Gns	Min	Maks
CF, CO ₂ -ækv.	1,05	1,30	1,05	2,25	1,2	1,0	0,9	1,6	1,22	1,43	1,21	2,08	1,41	1,27	1,28	1,32	1,17	1,52
Jord-C, ⁶⁾ kg CO ₂ -ækv.					0,3	0,2	-0,1	0,8										
LUC, kg CO ₂ -ækv.					0,2	0,2	0	0,8	1,89	2,48	1,47	5,05						
Areal, m ²									1,5	2,0	1,2	4,9	1,46	1,11				

1) 1) Ændringer i jordens kulstof pulje 2) Ændringer i arealanvendelsen 3) Carbon opportunity 4) Værdier er i nogle tilfælde aflæst ud fra figurer. 5) Egne beregninger 6) Negative værdier betyder indlejring af C i jorden og positive værdier betyder frigivelse af C fra jorden

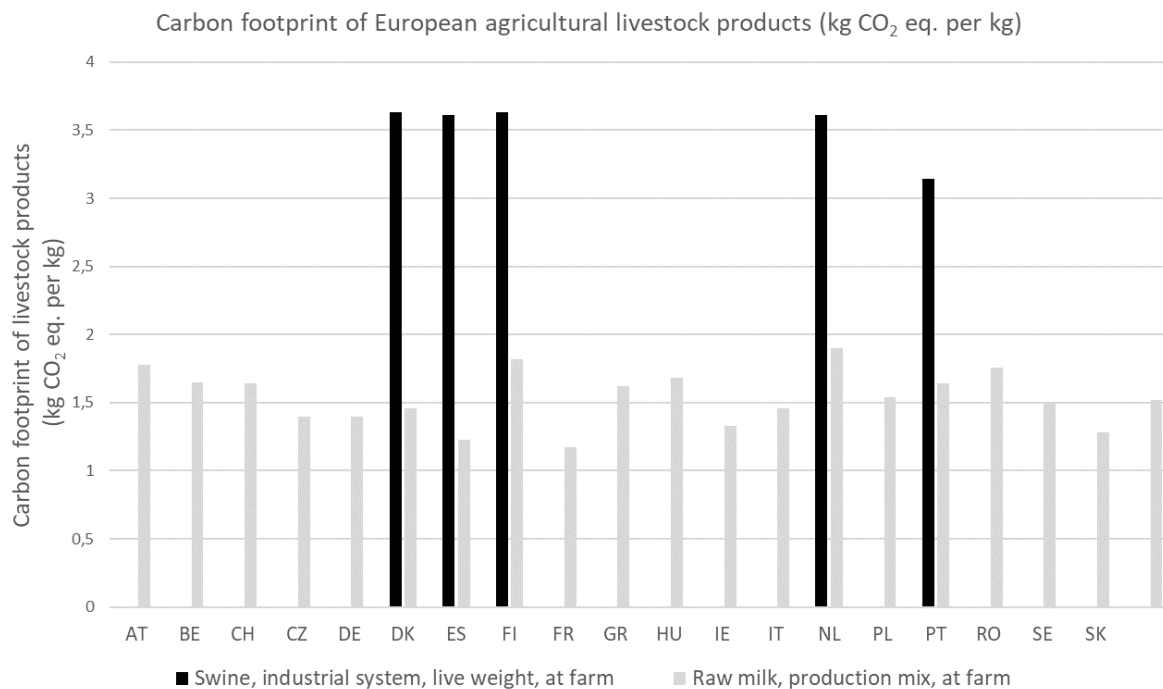
Tabel 1 fortsat

Kilde	Lesschen et al., 2011				Mogensen et al., 2015b			
Produkt	Oksekød				Oksekød			
FU	Kg kød				Kg kød			
LCA-metode	A-LCA				A-LCA			
Jord-C	Kun organiske jorde				Ja			
LUC	Nej				iLUC			
Areal	Nej				ja			
Datatype	EU 27 lande Database (CAPRI, FOA, GAINS)				Nationale data			
Land	DK	Gns EU	Min	Maks	Handyr fra malkekvæg		Ammekvæg	
					DK	SE	DK	SE
CF, kg CO ₂ -ækv.	18	23	17	42	8,9	9,0	23,1	25,4
Jord-C, kg CO ₂ -ækv.					-0,2	-0,4	-4,0	-4,3
LUC, kg CO ₂ -ækv.					1,5	1,3	2,8	3,5
Areal, m ²					10,3	9,4	46,2	75,0

Tabel 2. Studier for grisekød, hvor klimaaftrykket (CF), ændringen i jordens kulstof (Jord_C), bidrag fra arealændringer (LUC) og areal til foderproduktion (Areal) pr funktionel enhed (FU) for produktion i Danmark er sammenlignet med produktion i andre lande, samt metode, systemafgrænsning og datagrundlaget.

Kilde	Lesschen et al., 2011				Weiss & Leip, 2012				Kool et al., 2009				Wirsenius et al., 2020			
Produkt	Grisekød				Grisekød				Grisekød				Grisekød			
FU	Kg slagtekrop (75% af levende)				Kg slagtekrop ab slagteri				Kg kød ab slagteri				Kg slagtekrop (73 - 80% af levende)			
LCA-metode	A-LCA				A-LCA				A-LCA				A-LCA			
Jord-C ¹⁾	Kun organiske jorde				Ja				Ja				Nej			
LUC ²⁾	Nej				iLUC				dLUC				COC ³⁾			
Areal	Nej				Nej				Nej				Ja			
Datatype	Database (CAPRI, FOA, GAINS)				Database (CAPRI)				Nationale data				National data (11 lande)			
Land ⁴⁾	DK	Gns EU	Min	Maks	DK	Gns EU	Min	Maks	DK	DE	UK	NL	DK	Gns ⁵⁾	Min	Maks
CF, kg CO ₂ -ækv.	3,1	3,5	2,4	7,2	4,9	4,3	2,8	6,0	3,5	3,7	3,5	3,6	2,9	3,6	2,8	6,3
Jord-C, ⁶⁾ kg CO ₂ -ækv.					1,0	1,3	0,1	10,2	2,2	1,9	2,0	1,8 ⁷⁾				
LUC, kg CO ₂ -ækv.					1,0	1,3	1,0	8,1					7,9	8,7	7,6	13,2
Areal, m ²													8,9	8,4	6,2	10,8

1) Ændringer i jordens kulstof pulje 2) Ændringer i arealanvendelsen 3) Carbon opportunity cost 4) Værdier er i nogle tilfælde aflæst ud fra figurer. 5) Egne beregninger 6) Negative værdier betyder indlejring af C i jorden og positive værdier betyder frigivelse af C fra jorden 7) Sum af bidrag fra Jord-C og LUC



Figur 3. Klimaaftryk for svinekød og mælk, i kæden frem til det forlader gården, i forskellige europæiske lande baseret på Quantis World Food LCA database, A-LCA og inkl. dLUC (kg CO₂ ækv. per kg).

Ved sammenligning mellem lande med nogenlunde samme produktionsniveau vil effektiviteten (kg produkt pr kg foder) i den animalske produktion samt emissionen fra foderproduktion og håndtering af husdyrgødningen få afgørende betydningen for klimateffektiviteten, hvorfor variationen mellem lande påvirkes af f.eks. produktionssystem, teknologier, geografiske og klimatiske forhold samt emissioner fra importerede ressourcer. En nærmere analyse heraf er dog ikke mulig ud fra de foreliggende data. Af de tre større undersøgelser, præsenterer kun Wirsenius et al. (2020) produktionsdata, der kan understøtte tolkningen af variationen i klimaaftryk i de pågældende lande. Det beregnede klimaaftryk i kg CO₂ ækv. per kg produkt (før indregning af arealændringer) og udvalgte nøgletal for mælk og grisekød er vist i Tabel 3.

I Tabel 3 ses, at Brasilien for såvel mælk som grisekød har det klart højeste klimaaftryk per kg produkt. Blandt de øvrige lande er klimaaftrykkene 24% og 42% højere for landene med de højeste klimaaftryk (når Brasilien ikke er medtaget) i forhold til landene med det laveste klimaaftryk for henholdsvis mælk og kød. Wirsenius et al. (2020) angiver, at foderforbruget pr kg mælk eller grisekød er en afgørende faktor for forskellene mellem landene, samt forskelle i klimateffekt af gødningshåndtering, som påvirkes af højere temperaturer i de sydeuropæiske lande og USA end i de nordiske lande. Der er dog ingen enkeltfaktor, som er dominerende for forskellene mellem landene og Wirsenius et al. (2020) angiver, at usikkerheden på estimerne for klimaaftryk er betydelig uden dog at kvantificere det yderligere. I Tabel 3 er landene rangeret efter klimaaftryk uden indregning af effekten fra arealændringer beregnet med carbon opportunity cost metoden (COC). Ved indregning af COC vil klimapåvirkningen øges markant og i begrænset omfang påvirke rangeringen af landene. Når COC indregnes, har Danmark for mælk det 3. laveste og for grisekød det laveste klimaaftryk (Wirsenius et al., 2020).

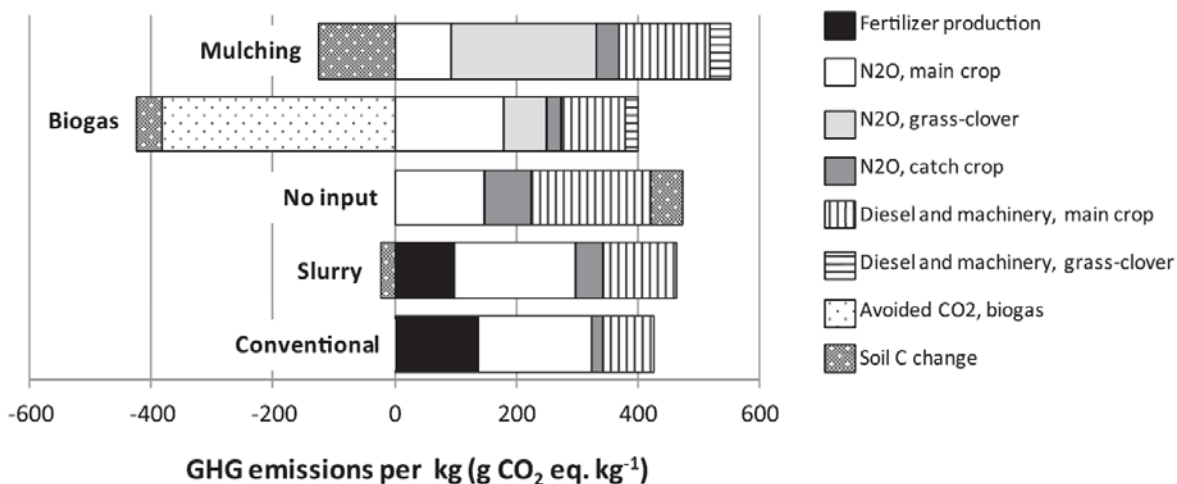
Tabel 3. Klimaaftryk (CF) for mælk og grisekød sorteret efter stigende klimaaftryk, med udvalgte produktivitets nøgletal, baseret på Wirsenius et al. (2020).

Mælkeproduktion					Grisekød				
Land	CF, kg CO ₂ ækv. pr kg ¹⁾	Foder, kg tørstof pr kg mælk	Mælk, kg pr ko	Grovfoder, % af tørstof	Land	CF, kg CO ₂ ækv. pr kg ¹⁾	Foder, kg tørstof pr kg kød	Grise pr årsko	Dgl. tilvækst, g/slagte gris
SE	1,21	1,06	8628	61	PL	2,81	3,21	39	980
DK	1,22	1,00	9683	60	DK	2,89	3,03	39	980
DE	1,30	1,10	7780	66	SE	3,04	3,41	33	950
FR	1,34	1,27	6722	65	DE	3,17	3,09	36	840
ES	1,37	1,07	8570	58	UK	3,24	3,22	27	870
NL	1,37	0,99	8587	64	NL	3,39	3,03	35	830
UK	1,40	1,01	8042	63	FR	3,67	3,17	33	800
US	1,49	1,01	10457	61	US	3,70	3,21	31	860
NZ	1,40	1,59	4237	89	IT	3,75	3,34	28	690
PL	1,44	1,31	6357	73	ES	4,00	3,40	32	730
IR	1,44	1,37	5220	79	BR	6,28	4,25	30	830
IT	1,50	1,25	6354	63					
BR	2,08	2,83	1963	92					

1) Klimaaftrykket (CF) er uden indregning af klimabidrag fra kulstofændringer og LUC

2.2 Planteproduktion

I planteproduktion er emissioner knyttet til gødningen typisk den største post. Dette er illustreret i Figur 4 fra Knudsen et al. (2014), der viser kilderne til drivhusgasemissioner per kg tørstof i de høstede afgrøder i fem forskellige sædskifter, fire økologiske og et konventionelt med forskellige typer af gødning. I studiet er der inddraget klimabidraget fra ændringer i jord C fra husdyrgødning og afgrøderne, herunder efterafgrøder og grøngødning og via systemudvidelse betydningen for klimaaftrykket af anvendelsen af kløvergræs til energiproduktion (Biogas), hvor den fortrængte fosile energi (Avoided CO₂, biogas) er modregnet i emissionen fra afgrødeproduktionen. Betydningen heraf er tydelig for nettoemissionen i de fem sædskifter, hvor f.eks. biogassædskiftet med disse modregninger har en emission tæt på 0, mens den direkte emission er 400 g CO₂ ækv. pr kg tørstof. Derimod er der ingen modregning i det konventionelle system hvor der udelukkende er brugt handelsgødning.

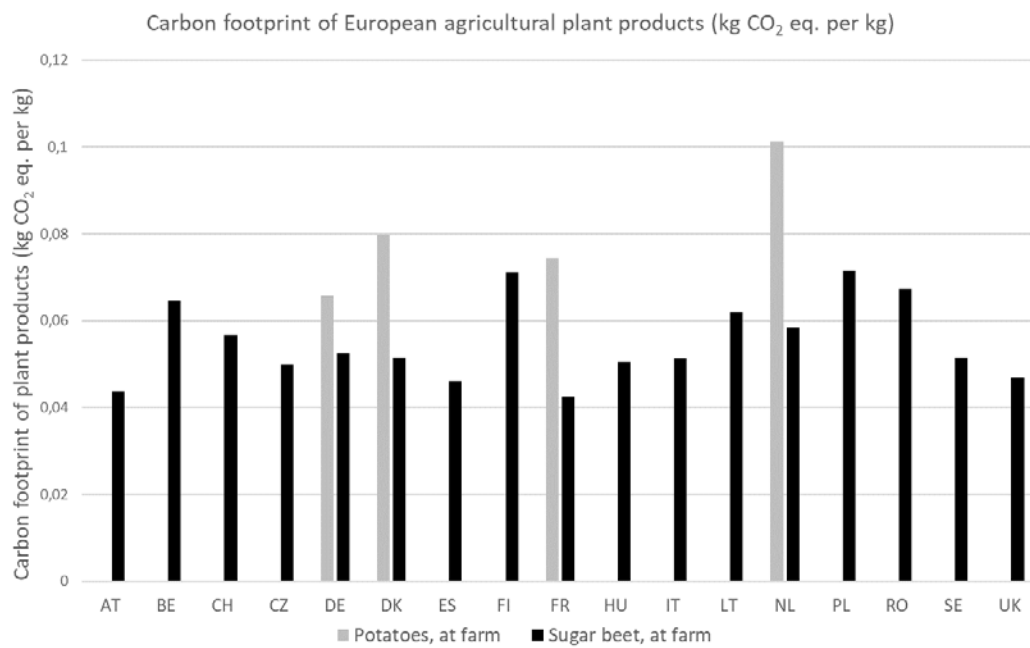
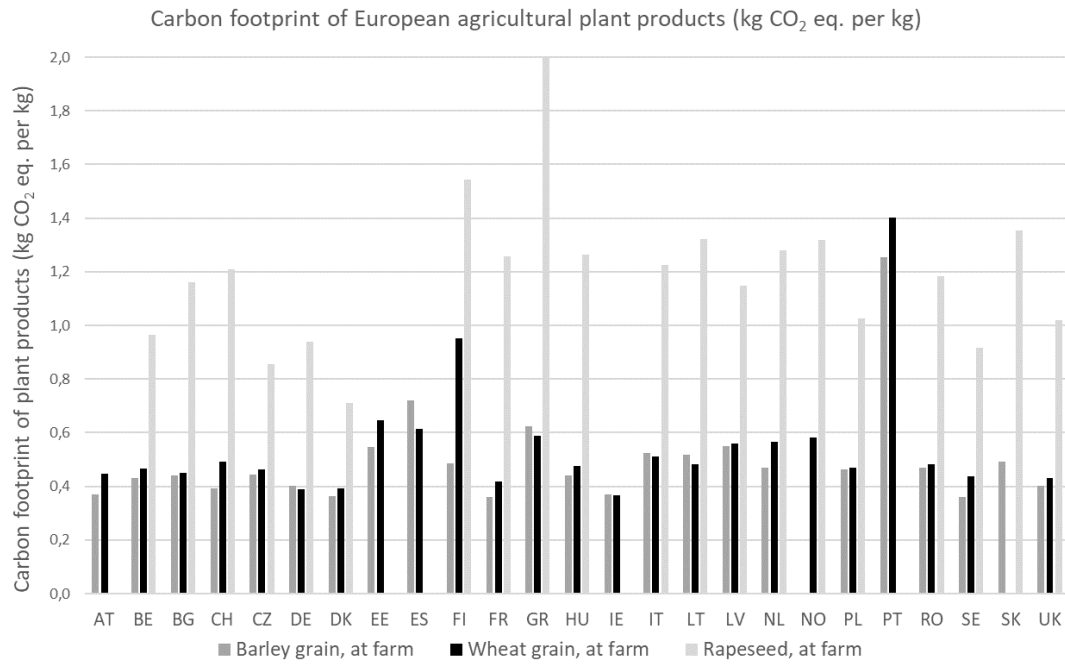


Figur 4. Eksempel på kilder til klimaaftryk i planteproduktion afhængig af sædskifte og produktionssystem, fire økologiske og et konventionelt system, kg CO₂ ækv. pr kg afgrøde tørstof høstet (Knudsen et al., 2014).

I grøngødnings-sædskiftet (Mulching) og biogassædskiftet (Biogas) er der én afgrøde ud af de fire i sædskiftet, som udelukkende dyrkes for at blive anvendt som "intern" gødning, hvilket illustrerer, at der ved produktbaserede LCA studier af planteproduktion er en tidsmæssig udfordring i form af, at de enkelte afgrøder ofte indgår i et sædskifte over år med andre afgrøder, som påvirker input og output til de specifikke afgrøder. Hertil kommer stedsspecifikke effekter som jordbundsforhold og årsvariationer i nedbør, der påvirker årets produktion, men som også kan have afledte effekter på de efterfølgende afgrøder året efter. Derfor er traditionelle allokeringmetoder eller systemudvidelser ofte ikke tilstrækkelige nuancerede til at opdele effekten på de enkelte afgrøder, som diskuteret af bl.a. Goglio et al. (2018).

Der er ikke fundet nogen publicerede videnskabelige artikler med sammenligninger af klimaaftryk fra planteprodukter mellem lande, hvori der indgår afgrøder dyrket under danske produktionsforhold. Derimod findes klimaaftryk for planteprodukter i forskellige lande, inklusiv afgrøder dyrket under danske produktionsforhold, i GFLI-databasen (GFLI, 2021). Klimaaftryksværdierne er uden indregning af evt. bidrag fra halmanvendelse, herunder klimabidrag fra ændringer i jordens kulstofindhold, og dækker en række typiske landbrugsafgrøder byg, hvede, rapsfrø, kartofler og sukkerroer opgjort som klimaaftrykket, indtil produkterne forlader gården, se Figur 5.

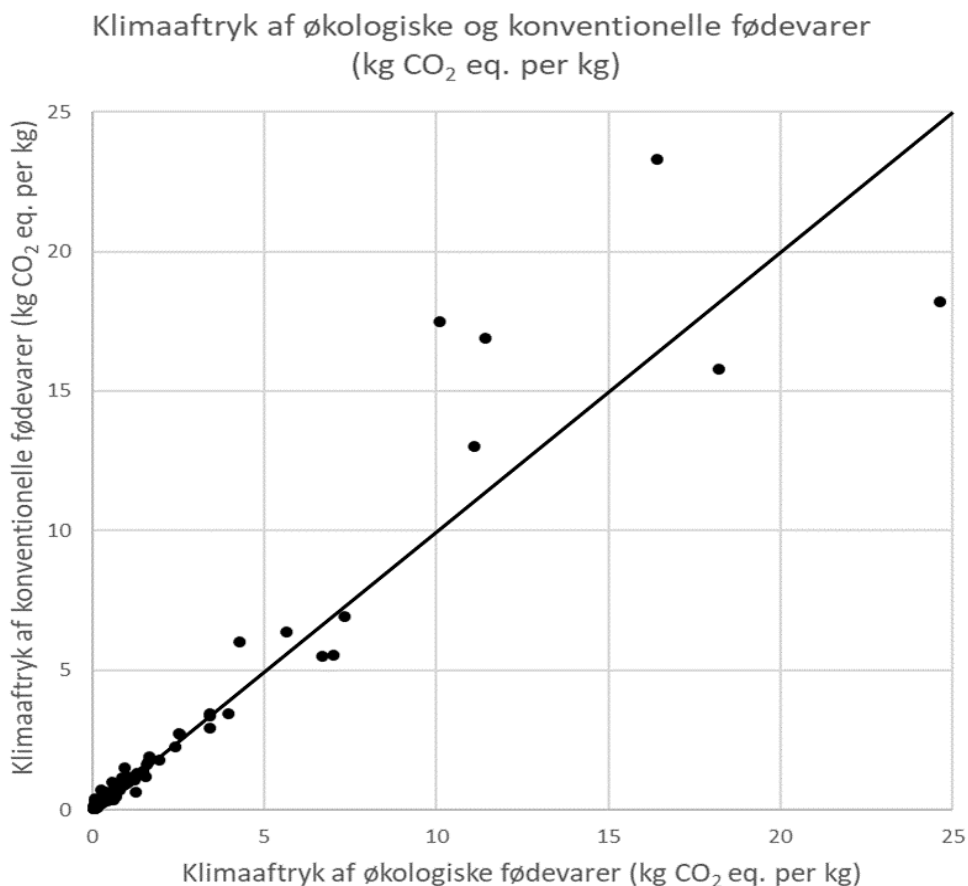
For korn og rapsfrø er klimaaftrykket i Danmark blandt de laveste af de i alt 25 europæiske lande, med klimaaftryk f.eks. fra rapsfrø på 0,7 kg CO₂ ækv. pr kg. For kartofler og sukkerroer er udledningen pr kg produkt generelt meget lavere. Der er kun opgørelser fra fire lande, hvor emissionen på 0,08 kg CO₂ ækv. pr kg kartofler i Danmark er på niveau med gennemsnittet. For sukkerroer er der opgørelser fra 17 europæiske lande og her er emissionen 0,05 kg CO₂ ækv. pr kg i Danmark også på niveau med gennemsnittet.



Figur 5. Klimaaftryk (CF) for plantebaserede landbrugsprodukter (byg, hvede, raps (øverst) kartofler, sukkerroer (nederst)) i forskellige europæiske lande baseret på GFLI-databasen (GFLI, 2021), kg CO₂ ækv. per kg produkt. Bemærk forskellig skala i de to figurer.

3. Konventionel versus økologisk

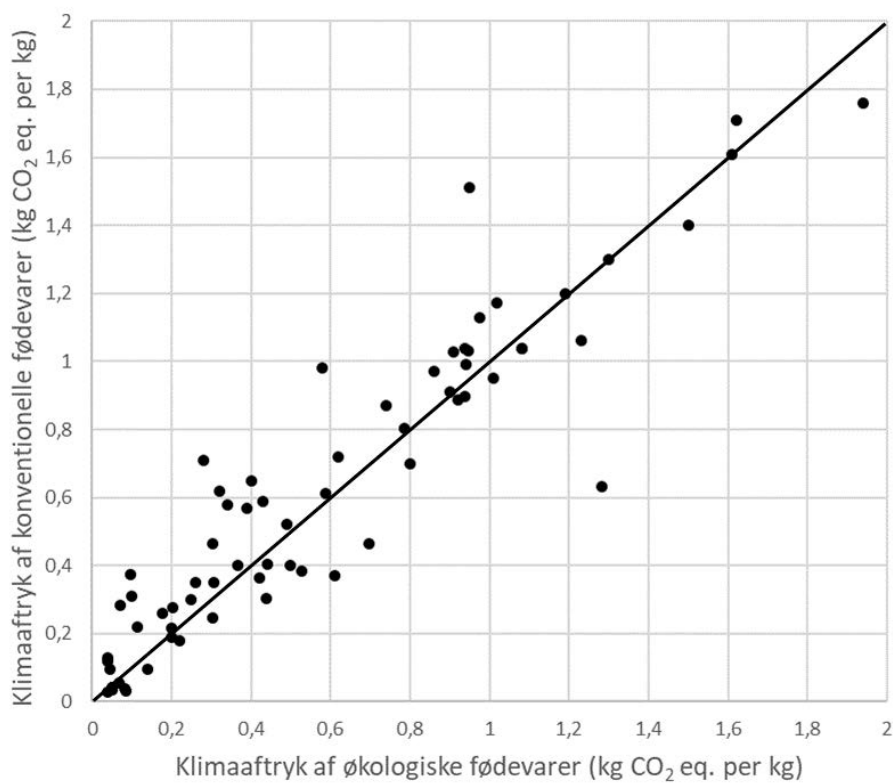
Der er og har været en specifik interesse i at sammenligne klimaaftrykket afhængig af, om produktionen gennemføres ud fra de økologiske eller konventionelle produktionsmetoder og regler.



Figur 6. Klimaaftryk for økologiske og konventionelle fødevarer (kg CO₂-ækv. per kg) baseret på 50 peer-reviewed sammenlignende studier af samme produkt (Hashemi et al., 2021). Produkterne spænder fra plantebaserede fødevarer, som frugt og grønt, i den lave ende af skalaen til animalske fødevarer, som svinekød og oksekød, i den høje ende af skalaen. Den sorte linje markerer, hvor klimaaftrykket af økologiske og konventionelle fødevarer er ens. Ved punkter under linjen har den økologiske fødevarer et større klimaaftryk end den konventionelle, og ved punkter over den sorte linje har konventionelle et højere klimaaftryk end den økologiske.

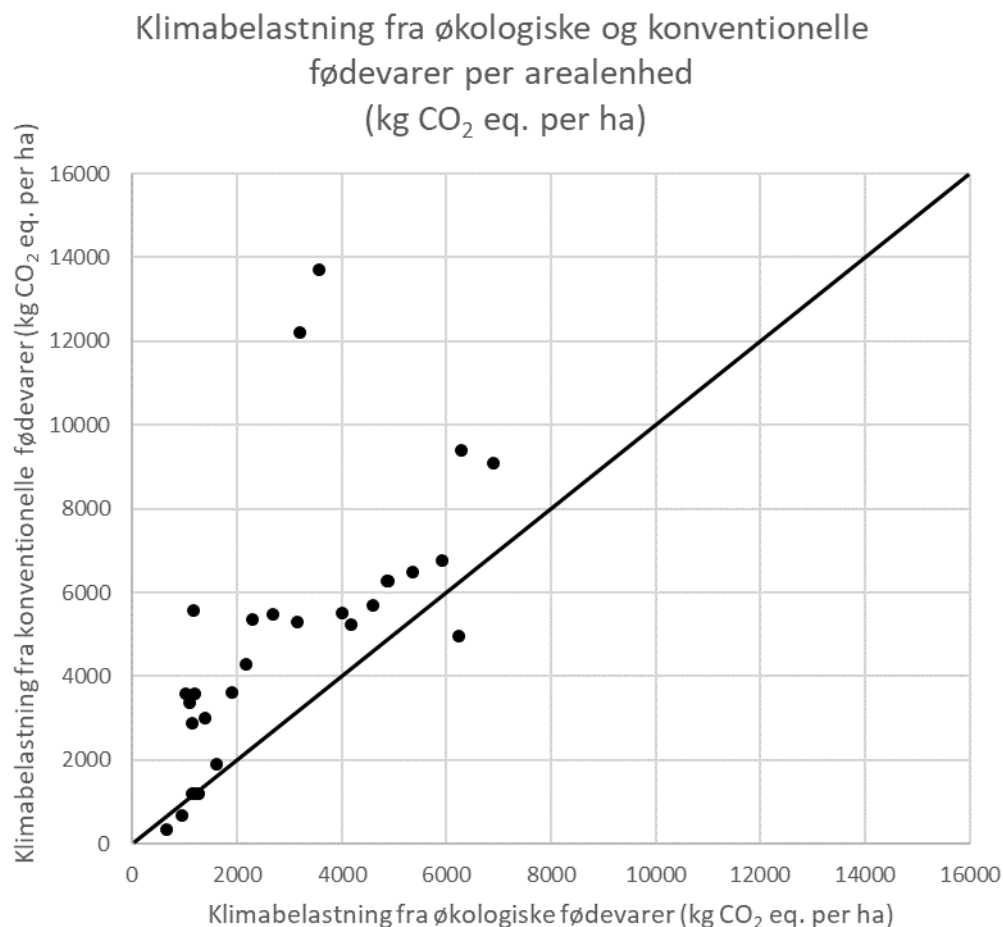
I et igangværende review med direkte sammenligninger mellem klimapåvirkning af samme produkt ved henholdsvis konventionel og økologisk produktion (Hashemi et al., 2021), er der identificeret 50 studier, hvor produktionen er i Danmark eller under europæiske produktionsforhold. En nærmere analyse heraf er under udarbejdelse, men i Figur 6 er klimaaftrykket for de parvise sammenligninger af økologiske og konventionelle fødevarer vist. I Figur 7 er der zoomet ind på mælke- og planteprodukter, for at opnå en højere detaljeringsgrad. Figureerne viser, at der ikke er nogen entydig forskel i klimaaftrykket pr kg produkt ved sammenligning mellem konventionel og økologisk produktion.

Klimaaftryk af økologiske og konventionelle
plantebaserede fødevarer og mælk
(kg CO₂ eq. per kg)



Figur 7. Klimaaftryk for økologiske og konventionelle plantebaserede fødevarer og mælk (kg CO₂-ækv. per kg) baseret på 39 peer-reviewed sammenlignende studier af samme produkt (Hashemi et al., 2021). Den sorte linje markerer, hvor klimaaftrykket af økologiske og konventionelle fødevarer er ens. Ved punkter under linjen har den økologiske fødevarer et større klimaaftryk end den konventionelle, og ved punkter over den sorte linje har konventionelle et højere klimaaftryk end den økologiske.

I Figur 8 er klimabelastningen opgjort pr ha, der medgår til produktionen i de 22 studier med sammenligning mellem konventionel og økologisk produktion, hvor arealet er oplyst. I overensstemmelse med andre tidligere opgørelser, hvor klimaaftryk og arealforbrug ved de to produktionsformer blev sammenlignet (Kristensen et al., 2020) og review-studier af Meier et al. (2015) og van Wagenberg et al. (2017), er der en tydelig lavere emissionen pr ha fra de økologiske produkter end de tilsvarende konventionelle produkter, forårsaget af bl.a. af en lavere intensiv og dermed lavere emission fra inputs og fra selve dyrkningen pr ha i de økologiske afgrøder sammenlignet med de konventionelle.



Figur 8. Klimabelastningen ved henholdsvis konventionel og økologisk produktion per arealenhed (kg CO₂-ækv. pr ha) baseret på 22 peer-reviewed sammenlignende studier af samme produkt (Hashemi et al., 2021). Den sorte linje markerer, hvor klimabelastningen per arealenhed af økologiske og konventionelle produktion er ens. Ved punkter under linjen har den økologiske fødevarer en større klimabelastning per arealenhed end den konventionelle, og ved punkter over den sorte linje har den konventionelle fødevarer en højere klimabelastning per arealenhed end den økologiske.

I Tabel 4 er vist resultaterne i de studier, der har en direkte sammenligning under danske forhold. De to studier af mælk er tidsmæssigt forskudt, hvor Kristensen et al. (2011) er baseret på bedriftsdata fra 2001-2003 og Knudsen et al. (2019b) er baseret på opgørelser fra 2015, men de viser det samme billede med ens klimaaftryk pr kg mælk i de to systemer og det højeste arealforbrug pr kg mælk i det økologiske system.

Der er fire studier af grisekød. Kool et al. (2019) fandt en forskel på 0,5 kg CO₂ ækv. pr kg grisekød under danske produktionsforhold afhængig af produktionsform. Ved Monte Carlo simulering fandt Kool et al. (2019) en standard variation på +/- 0,4, hvorfor forskellen på 0,5 kg CO₂ ækv. ikke er statistisk signifikant. Samme billede ses ved Dourmad et al. (2014), der finder en spredning på 0,3 kg CO₂ ækv. pr kg, hvorfor den fundne forskel på 0,2 kg CO₂ ækv. mellem økologisk og konventionel produktion ikke er statistisk sikker. Olsen et al. (2021) anfører, at beregningerne af det økologiske system er behæftet med større usikkerhed end det konventionelle bl.a. begrundet i manglende viden emissionen fra grise på friland og i de alternative økologiske stalde til slagtegrisene. I det svenske studie af Zira et al. (2020) er niveaue

ens i de to systemer, men væsentligt højere end i de øvrige studier hovedsageligt pga., at der her er regnet helt frem til, at kødet er klar til servering. Det kan dog via beregninger baseret på Zira et al. (2020) estimeres en udledning på 2,5 kg CO₂ ækv. pr kg kød fra primærproduktionen uafhængig af produktionsform.

Studiet af Knudsen et al. (2014) med planteproduktion er baseret på et sædskifte med vårbyg, hestebønner, kartofler og vinterhvede dyrket med gødningstilførsel via handelsgødning i det konventionelle system og husdyrgødning i det økologisk afstemt efter typiske mængder i de to systemer. Som gennemsnit af sædskiftet blev der fundet samme klimaaftryk pr kg tørstof høstet. Opdelt på afgrøder havde den økologiske byg et signifikant lavere klimaaftryk end konventionelt og modsat for hestebønner, hvor klimaaftrykket pr kg tørstof var højest ved økologisk dyrkning (Knudsen et al., 2014).

På tværs af studier er der generelt et højere arealforbrug pr kg produkt ved økologisk produktion, som sammen med det stort set samme klimaaftryk pr kg produkt betyder, at der er et lavere klimaaftryk pr ha ved økologisk produktion i forhold til konventionel ved sammenligning inden for produkt.

Tabel 4. Studier af produkter hvor klimaaftrykket (CF), ændringen i jordens kulstof (Jord_C), bidrag fra arealændringer (LUC) og areal til foderproduktion (Areal) pr funktionel enhed (FU) mellem konventionelle og økologiske produktionssystemer under danske eller tilsvarende produktionsforhold samt metode, systemafgrænsning og datagrundlaget.

Kilde	Kristensen et al., 2011		Knudsen et al., 2019b		Knudsen et al., 2014		Zira et al., 2021		Dourmad et al., 2014		Olsen et al., 2021		Kool et al., 2009	
Produkt	Mælk		Mælk		Afgørder		Grisekød		Grisekød		Grisekød		Grisekød	
FU	Kg EKM ab gård		Kg EKM ab gård		Kg tørstof ab mark		Kg kød serveret		Kg levende ab gård		Kg levende ab gård		Kg kød ab slagteri	
LCA-metode	A-LCA Biologisk allokering		A-LCA Biologisk allokering		A-LCA		A-LCA Ingen allokering		A-LCA		A-LCA Økonomisk allokering		A-LCA	
Jord-C ¹⁾	Ja, incl. in CF		Ja		ja		Ja		Nej		Nej		Ja	
LUC ²⁾	Nej		Nej		Nej		Nej		Nej		Nej		dLUC	
Areal	Ja		Ja		Ja		Ja		Ja		Ja		Nej	
Datatype	Danske bedriftsdata N=67		DK statistik		Forsøgsdata		Model Svenske data		Bedriftsdata 6 EU lande		Danske besætningsdata		National data (DK)	
System	Konv	Øko	Konv	Øko	Konv	Øko ³⁾	Konv	Øko	Konv	Øko	Konv	Øko	Konv	Øko
CF, kg CO ₂ -ækv.	0,91	0,90	1,06	1,04	0,42	0,44	7,1	7,1	2,25	2,43	2,67	2,89	3,5	4,0
Jord-C, ⁴⁾ kg CO ₂ -ækv.			-0,05	-0,09	0	-0,2	0,3	0,3					1,6	1,8
LUC, kg CO ₂ ækv.													0,6	0,4
Areal, m ²	1,35	1,68	1,0	1,5	1,8	2,5	18	39	4,1	9,1	4,4	6,4		

2) ¹⁾ Ændringer i jordens kulstof pulje ²⁾ Ændringer i arealanvendelsen ³⁾ Økologi med gylle ⁴⁾ Negative værdier betyder indlejring af C i jorden og positive værdier betyder frigivelse af C fra jorden

4. Diskussion

Globalt er omfanget af publikationer baseret på LCA i forhold til landbrug og fødevarer steget markant siden år 2000, hvor der kun var ganske få publikationer, til at der de seneste år er publiceret over 1000 peer-reviewede artikler årligt (van der Werf et al., 2020). Trods dette er der kun få studier med direkte sammenligninger af klimaeffektiviteten i landbrugssektoren i forskellige lande.

4.1 Danmark vs. andre lande

På tværs af studierne medtaget i denne rapport tegner der sig et billede af, at klimaeffektiviteten, defineret som udledning af klimagasser pr kg produkt, i den danske landbrugsproduktion er på niveau med eller i den lave ende af gennemsnittet af de lande, som Danmark sammenlignes med inden for studie eller database. I to af de større studier, Lesschen et al. (2011) og Weiss & Leip (2012), er det en sammenligning mellem EU lande, mens grundlaget for udvælgelse af landene i Wirsenius et al. (2020) er lande med markedsmæssige interesse for Danmark og globalt betydende producenter, dog med begrænsninger begrundet i adgang til data.

Hermansen og Kristensen (2012) har lavet en vurdering af de to samtidige publikationer, Lesschen et al. (2011) og Weiss & Leip (2012), hvor rangeringen af Danmark mht. klimapåvirkning, specielt for grisekød, er markant forskellige i de to opgørelser. Hermansen og Kristensen (2012) konkluderede, at den teoretiske beregningsmetode af drivhusgasbelastningen per produceret enhed, som beskrevet i Weiss & Leip (2012) er solid og rigtig, men at datagrundlaget for enkelte lande ikke er korrekt. Det er også nævnt direkte i Weiss & Leip (2012), at data fra Danmark afviger meget fra de nationale statistikker og at i sådanne tilfælde, er der foretaget en automatisk regulering for at sikre overensstemmelse mellem datakilderne ved beregningerne. Tilsvarende har Kool et al. (2013) undersøgt årsagen til forskellen mellem klimapåvirkningen for dansk grisekød i Weiss & Leip (2012) og et samtidigt studie af dansk grisekød (Nguyen et al., 2011). Såvel Kool et al. (2013) som Hermansen og Kristensen (2012) konkluderer, at de relative høje klimaaftryk for dansk grisekød i Weiss & Leip (2012) er forårsaget dels af metodiske forskelle, dels af urealistiske værdier for produktivitet og gødningsmængder i forhold til normerne.

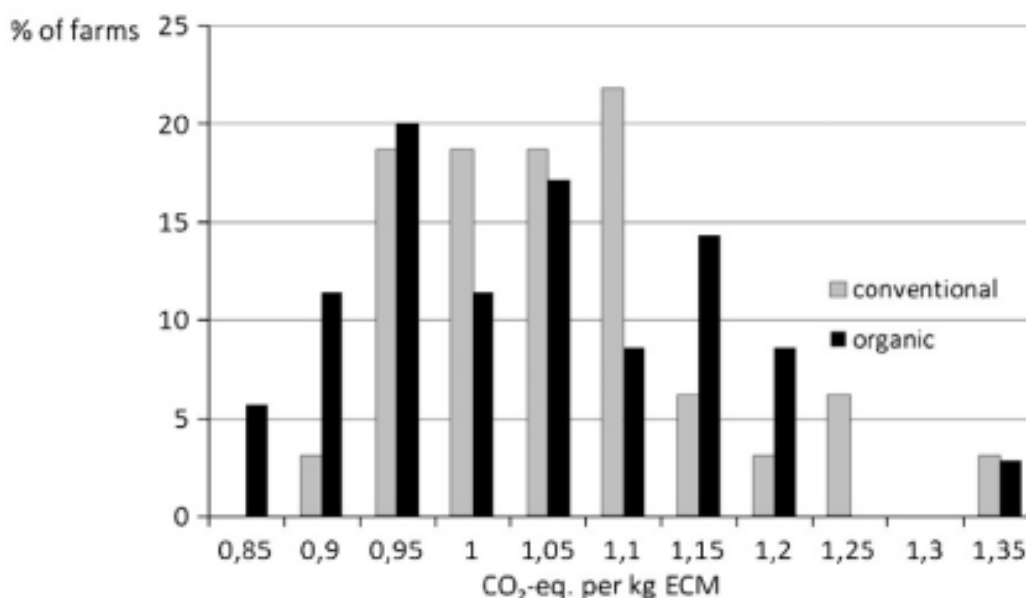
Der er ikke i nogen af de refererede studier eller databaser en egentlig analyse af usikkerheden på de beregnede klimaaftryk. Som diskuteret af Lesschen et al. (2011) og Weiss et al. (2012), så bidrager data, anvendte emissionsfaktorer (EF) og andre modelforudsætninger til usikkerheden. Specielt i studier med top-down-tilgang vil der være en større usikkerhed på produktionsdata end i studier baseret på bottom-up-tilgang, hvor data er baseret på specifikke bedriftsdata, men udfordringen kan her være at få repræsentative data. Også Wirsenius et al. (2020) anderkender disse kilder til usikkerhed, og har angivet, uden nærmere definition, en gruppering af lande i tre grupper, hvor der mellem grupperne argumenteres for at være en sikker forskel. Ved denne gruppering er Danmark i gruppen med de laveste klimaaftryk for såvel mælk som kød, sammen med henholdsvis fire andre lande for mælk og syv andre lande for grisekød.

4.2 Økologi versus konventionel

De refererede sammenlignede studier under danske produktionsforhold viser kun små forskelle i klimaaftrykket pr kg produkt for mælk og grisekød afhængig af, om de er produceret under konventionelle eller økologiske forhold.

Baseret på sammenstillingen af studierne i Hashemi et al. (2021) er der ikke nogen generel forskel i klimaaftryk afhængig af produktionssystem, men det er tydeligt, at der er en variation mellem produkter og studier. Det bekræftes af, at Meier et al. (2015), som har gennemført et review af 34 LCA studier, f.eks. for kyllingekød fandt, at klimaaftrykket fra 1 kg økologisk kyllingekød spænder fra at være 24% lavere til 46% højere end fra 1 kg konventionelt kyllingekød, og for 1 kg svinekød fandt de et relativt klimaaftryk fra 11% lavere til 73% højere ved økologi sammenlignet med konventionelt. Tilsvarende variationer i klimaaftrykket findes i et review af Van Wagenberg et al. (2017), som desuden understreger behovet for yderligere repræsentative data og en vis usikkerhedsmargin i beregningerne, som bør tages med i betragtning ved vurderingen af forskelle mellem systemerne.

Kristensen et al. (2011) fandt, at forskellen på 0,04 kg CO₂ ækv. pr kg mælk mellem konventionel og økologisk mælk baseret på 67 danske bedrifter ikke var signifikant og konkluderede desuden, at forskellen mellem systemerne er langt mindre end variationen mellem gårde inden for system, se Figur 9. Det understreger betydningen af udvælgelse af bedrifter for at sikre repræsentative data for et produktionssystem.



Figur 9. Fordelingen af bedrifter i forhold til klimaaftryk fra produktion af 1 kg mælk opdelt efter produktionssystem, henholdsvis konventionel og økologisk produktion (Kristensen et al., 2011).

Meier et al (2015) har identificeret en række områder, som er kritiske ved anvendelse af LCA-studier til sammenligning af konventionel og økologiske produktion. Det er bl.a. et behov for bedre data og at emissionskoefficienter for N-omsætning bliver målrettet produktionssystemet, bedre metoder til estimering af og indregning af ændringer i jordens N- og C-indhold, og for husdyrssystemer bedre repræsentation af foderforsyningen og dyrenes omsætning af N. Van der Werf et al. (2020) påpeger vigtigheden af at udvide sammenligningen mellem produktionssystemer med andre betydende miljøpåvirkninger som jordfrugtbarhed, toksicitet og biodiversitet, samt at bruge såvel en produkt- som en arealbaseret enhed ved sammenligninger af produktionssystemer. Knudsen et al. (2019b) viste f.eks. for mælk i tre europæiske systemer at belastningen per kg produkt for toxicitet og biodiversitet var lavere ved økologisk sammenlignet med konventionel.

Bidraget fra arealændringer vil have forskellig effekt for økologiske og konventionelle fødevarers klimaaftryk afhængig af hvilken metode der anvendes. Benyttes dLUC vil afgrøder, der er dyrket i direkte forbindelse med ændret arealanvendelse, som f.eks. konventionel sojaskrå fra Sydamerika, hvor der er ryddet skov får pålagt et stort klimabidrag fra LUC. Det økologiske system er i mindre grad baseret på foder fra områder med regnskovsrydning, hvorfor økologiske fødevarer typisk vil tillægges et mindre bidrag fra LUC end de tilsvarende konventionelle fødevarer. Det modsatte ses, hvis man medtager et klimabidrag fra indirekte arealændringer, enten i form af iLUC eller COC, hvor man pålægger alle dyrkede arealer en ensartet klimabelastning pr ha. Her vil der således være en direkte sammenhæng mellem arealforbruget til produktion af fødevaren og bidraget fra LUC. Da der generelt er et større arealforbrug til at dyrke de økologiske fødevarer (Treu et al., 2017) vil der være et højere bidrag per kg fødevarer fra iLUC eller COC end for den tilsvarende konventionelle fødevarer.

Betragtninger baseret på de enkelte produkter er ikke nødvendigvis gældende ved en overordnet sammenligning mellem produktionsformer. Kristensen et al. (2020) fandt ved sammenligning af konventionel og økologisk produktion inden for den samme driftsgren, at der ved økologisk produktion er en reduktion i klimabelastningen pr. hektar i Danmark på henholdsvis 775 kg CO₂ ækv. ved planteavl, 3.600 kg CO₂ ækv. pr ha ved kvægproduktion og 3.700 kg CO₂ ækv. pr ha ved svineproduktion inkl. ændringer i jordens kulstofpulje. Hvis der tages højde for den nuværende arealmæssige sammensætning af driftsgrene inden for økologisk og konventionel produktion i Danmark blev der estimeret en gennemsnitlig lavere emission fra økologiske arealer på 2014 kg CO₂ ækv. pr ha., idet der er markant højere andel af det økologiske areal med kvægproduktion (34%) mod 20% af arealet med kvægproduktion ved konventionel produktion. Hertil kommer, at Kristensen et al. (2020) viste, at den produktbaserede sammenligning ikke svarer til effekten af omlægning fra konventionel til økologisk produktion i Danmark. Ved en omlægning til f.eks. økologisk mælkeproduktion blev der omlagt arealer, der kom fra konventionel mælkeproduktion såvel som fra konventionel planteavl, hvor konventionel planteavl har betydelig lavere klimaaftryk end økologisk mælkeproduktion pr ha.

4.3 Metode

Alle de refererede studier anvender A-LCA, og de antages at være baseret på repræsentative data for de enkelte lande, systemer og produkter, i overensstemmelse med at formålet har været at estimere klimateffektiviteten i den nuværende produktion. Studierne anvender typisk emissionsfaktorer i overensstemmelse med IPCC, dog med varierende grad af specifikation i forhold til f.eks. lande og gødningssystemer. Betydningen heraf blev undersøgt af Wirsenius et al. (2020) som sammenlignede klimateffektiviteten ved anvendelse af en generel emissionsfaktor for husdyrgødningen med de nationale emissionsfaktorer og system specifikke emissioner. De konkluderede, at det for såvel mælk som grisekød ændrer emissionen markant, men dog ikke således at rangeringen af landene i forhold til klimapåvirkningen ændredes væsentligt.

Der er kun få studier, der har inddraget ændringer i jordens kulstofindhold, og på tværs af disse studier er der anvendt forskellige metoder. Ud fra Weiss & Liep (2012) kan det beregnes, at den samlede udledning af CO₂ fra dyrkningsjorden på EU niveau udgør 17% af udledning fra landbruget, hvorfor indregningen kan have afgørende betydning for klimateffektiviteten.

Tilsvarende er gældende for bidrag fra arealændring, hvor der er indregnet bidrag baseret på dLUC i et studie (Kool et al., 2009) og på iLUC og COC i to andre studier (Weiss & Liep, 2012; Wirsenius et al., 2020), og med meget forskellige metoder. Betydningen af metode understreges af, at Weiss & Liep (2012) fandt at bidraget fra LUC på EU niveau i forhold til CF udgjorde fra 9 til 50% afhængig af tre forskellige metoder til beregning af LUC.

4.4 Andre miljøpåvirkningskategorier

Andre miljøpåvirkningskategorier end de klimarelaterede og arealanvendelsen, er ikke medtaget i de større studier med sammenligninger mellem lande, mens der indgår udvalgte andre miljøpåvirkningskategorier i forhold til tab af næringsstoffer, ressourceforbrug, biodiversitet og økotoxicitet i nogle af de studier, der sammenligner konventionel og økologisk produktion, bl.a. Knudsen et al. (2019b). I et review-studie fandt van Wagenberg et al. (2017) en betydelig variation i den relative miljø- og klimapåvirkning ved økologisk i forhold til konventionel produktion. For griseproduktion var der en variation i den relative miljøpåvirkningen inden for samme kategori fra 30 til 130% baseret på fire studier, hvilket understreger, at der ofte vil være større forskelle indenfor end mellem produktionssystemerne. Der er ikke datagrundlag for at fastlægge niveauet i Danmark i forhold til andre lande og for økologisk versus konventionelt er datagrundlaget også spinkelt, da toxicitet og biodiversitet og kulstofændringer i jord ikke er inkluderet i mange studier endnu. Knudsen et al. (2019b) har dog vist en lavere miljøbelastning per kg mælk ved økologisk sammenlignet med konventionel mht. toxicitet, biodiversitet og ressourceforbrug i et studie af østrigsk, engelsk og dansk mælkeproduktion.

5. Opsummering og forskningsbehov

Med udgangspunkt i "Vidensyntese om livscyklusvurderinger og klimaeffektivitet i landbrugssektoren: Del 1 Fødevarer" og indeværende "Vidensyntese om livscyklusvurderinger og klimaeffektivitet i landbrugssektoren: Del 2 Landbrugsproduktionen" samt beskrivelse af igangværende forskningsaktiviteter i Appendix 1 er der nedenstående listet en række områder, hvor der er behov for forsknings-, udviklings- og implementeringsaktiviteter i forhold til opgørelser af klimapåvirkningen.

Denne vidensyntese Del 1 og 2 gennemgår den tilgængelige viden omkring metoder til beregning af fødevarernes klimaafttryk samt de data, der er tilgængelige omkring klimaafttryk for forskellige fødevarer og klimaeffektiviteten ved produktion i Danmark sammenlignet med andre lande samt for økologiske og konventionelle fødevarer. Overordnet viste denne gennemgang et spinkelt datagrundlag og behov for mere viden – både mht. klimaeffektivitet i landbruget og klimaafttrykket fra fødevarereproduktionen og i relation til LCA-metoden.

5.1 Klimaeffektivitet i landbruget

Ved vurdering af klimaeffektiviteten ved produktion af danske landbrugsprodukter sammenlignet med andre lande er datagrundlaget meget begrænset i form af tre studier, der fokuserer på animalske produkter samt to databaser der fokuserer på europæisk (inkl. dansk) planteproduktion. Datagrundlaget er derfor spinkelt i forhold til at kunne besvare spørgsmålet fyldestgørende. Udvikling af en internationalt anerkendt metode og udbygning af de nationale databaser med de nødvendige data, herunder en mere nuanceret beskrivelse af emissionsfaktorerne, er afgørende for en løbende opdateret viden om klimaeffektiviteten i Danmark og ved sammenligning med andre lande.

De produktbaserede klimaafttryk baseret på A-LCA er en beskrivelse af den nuværende situation i de produktionssystemer vi kender i dag. Men fremtidige produktionssystemer vil se anderledes ud, og der er behov for modellering af forskellige fremtidsscenerier og tilhørende produktionssystemer samt udvikling af metoder, der kan estimere effekten både på klimaeffektiviteten samt andre højt prioriterede bæredygtighedskriterier. Et specifikt aspekt i modelleringen er at kunne håndtere de stadig mere komplekse, cirkulære systemer med produktion af flere forskellige produkttyper (fødevarer, energi, gødning, fiber mv.). Dette gælder også for at kunne modellere de økologiske systemer, der ofte er mere komplekse end de konventionelle systemer, og hvor der er brug for mere viden om danske systemer.

Derudover er der behov for udvikling af LCA-metoden til at inkludere tiltag, såvel systemiske som managementmæssige, der påvirker landbrugsproduktionens klimaeffektivitet og bæredygtighed. Dette behov er der på nationalt niveau for at sikre, at tiltag til forbedringer af klimaeffektiviteten afspejles i den nationale opgørelse, men også på bedriftsniveau for at sikre motivationen hos landmændene til at implementere tiltag målrettet klimaeffektivitet. Dette gælder især, hvis beregning af klimabidrag på bedriftsniveau i fremtiden skal anvendes i reguleringen af udledningen. For at undgå suboptimering på bedriftsniveau kun med i forhold til klima, er det vigtigt, at de anvendte beregningsmetoder samtidig estimerer påvirkning af andre højt prioriterede bæredygtighedskriterier, samt productivitet og økonomi.

5.2 Fødevarer

Ved gennemgangen af databaser med klimaaftryk for fødevarer blev det klart at nogle lande, herunder især Frankrig, men også Schweiz, Sverige og Holland har større LCA-databaser for den nationale fødevarereproduktion. På tværs af studier og databaser er der betydelige forskelle i klimaaftrykket for de samme fødevarer som kan henføres til forskelle i de anvendte metoder, herunder A-LCA og C-LCA og inkludering af arealændringer ved enten dLUC eller iLUC, som kan give betydende variationer i de beregnede klimaaftryk. Der er derfor behov en løbende udvikling af mere ensartede retningslinjer evt. differentieret efter målgruppen – fødevarereproducenter, detailkæder eller forbrugeren. Det er helt afgørende, at dette foregår i et internationalt forum og på tværs af produktkategorier for at sikre, at de samme bidrag medtages på tværs af produkter og at allokering af bidragene til produkterne sker på en entydig måde. Et eksempel herpå er arbejdet i EU-kommissionen i form af Produkt Environmental Footprint (PEF). Mærkning af fødevarer i forhold til klima og andre bæredygtighedskriterier baseret på LCA er teoretisk muligt, men der er behov for en nærmere analyse af, hvor detaljeret det kan og skal laves i forhold til krav til primære data, løbende opdatering heraf, inkludering af forbedringstiltag og sikkerheden på klimaaftrykket. Mærkning specifikt for alle produkter er ressource krævende med det betydelige antal fødevarer og produkter, der markedsføres og de løbende ændringer der foretages i proceskæden. Der er derfor behov for analyser af grænsen mellem at sikre pålidelige beregninger og detaljeringsgraden, herunder at ændringer i produktion kommer til udtryk i mærkningen af de enkelte fødevarer.

De enkelte fødevarers klimapåvirkning er oftest angivet pr. kg fødevarer, nogle gange har man også udtrykt klimaaftrykket pr. kg protein i fødevarerne eller i forhold til energiindholdet i fødevarerne. Men at sammensætte en fuld kost er meget mere end bare at tildele en mængde protein og energi, og derfor arbejdes der med forskellige tilgange på at udvikle en ny funktionel enhed, hvor fødevarernes aftryk sættes i forhold til, hvordan denne fødevarer alt i alt bidrager med næringsstoffer til den samlede kost. Området er kompleks og der er behov for at arbejde videre med denne problemstilling.

5.3 Livscyklusvurderingsmetode og international harmonisering

Livscyklusvurderingsmetoden (LCA) er og vil også fremover være en metode, der er under konstant udvikling i forhold til f.eks. at kunne tage hensyn til kompleksiteten i systemerne, herunder f.eks. cirkulære systemer, tilgængelighed af data samt ikke mindst relevante miljøpåvirkningskategorier. Metoden som sådan skal derfor ikke begrænses og skal være under fortsat forskningsmæssig udvikling, men der er et behov for at analysere og dermed sikre, at de metoder, der anvendes og implementeres i praksis, er i overensstemmelse med den internationale harmonisering af LCA-metoden og de opstillede formål i de konkrete situationer. EU Kommissionen anbefaler således at anvende de harmoniserede guidelines fra EU, Product Environmental Footprint (PEF) (EC, 2021).

Denne vidensyntese fokuserer primært på klimabidraget, men fødevarereproduktionen påvirker ikke kun klimaet, men også andre bæredygtighedskriterier, der er højt prioriteret. Der vil være situationer, hvor visse produkter har lav klimapåvirkning, men stor negativ effekt på biodiversitet, økotoksicitet eller dyrevelfærd – eller vise versa. I guidningen af forbrugere og politikere til at træffe de mest bæredygtige valg som samtidig kan understøtte en klima- og miljøoptimering af vores fødevarereproduktion – er det vigtigt, at undgå en risiko for suboptimering ved udelukkende af fokusere på klima. På den baggrund er der behov for videreudvikling både af metoder, påvirkning og definering af de nødvendige data for kategorier som biodiversitet, jordkvalitet, kulstoflagring og økotoksicitet samt effekt på andre økosystemtjenester og dyrevelfærd. Derudover der er brug for analyse af og udvikling af LCA-metoden til fremadrettet at kunne inkludere flere af FN's bæredygtigheds mål i vurdering af landbrugs- og

fødevarers bæredygtighed. Det vil særligt være i forhold til at understøtte verdensmål 12: Ansvarligt forbrug og produktion, hvor målet skal sørge for, at forbrug og produktion i 2030 er bæredygtigt. Hertil kommer en udvikling af LCA-metoden, hvor de lokale miljøpåvirkningskategorier kan kobles til geografi, altså stedbundne miljøpåvirkninger, f.eks. at N-udledning har forskellig miljøpåvirkning afhængig af, hvor den foregår.

6. Litteratur

- Andersen, H. A., Mogensen, L., Kristensen, T. 2021. Klima- og miljøpåvirkningen ved produktion af grisekød – år 1990, 2005 og 2016. Rådgivningsrapport, DCA, Aarhus Universitet.
- Dourmad, J.Y., Ryschawy, J., Trousson, T., Bonneau, M., Gonzales, J., Houwers, H.W.J., Hviid, M., Zimmer, C., Nguyen, T.L.T., Mogensen, L. 2014. Evaluating environmental impacts of contrasting pig farming systems with life cycle assessment. *Animal*, 8:12, 2027-2037
- Dorca-Preda, T., Mogensen, L., Kristensen, T., Knudsen, M.T. 2021. Environmental impact of Danish pork at slaughterhouse gate – a life cycle assessment following biological and technological changes over a 10-year period. *Livest sci.*, Vol 251, 104622
- EC. 2021. Recommendation on the use of Environmental Footprint methods. Online: <https://ec.europa.eu/environment/publication/recommendation-use-environment>
- Flysjø, A. 2011. Potential for improving the carbon footprint of butter and blend products. *J. Dairy Sci.*, 94, 5833-5841
- Gerber, P., Vellinga, T., Opio, C., Steinfeld, H. 2011. Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. *Livest. Sci.*, 139, 100-108
- GFLI (2021) Global Metrics on Sustainable Feed. Online at <https://globalfeedlca.org/gfli-database/>
- Goglio, P., Brankatschk, G., Knudsen, M.T., Williams, A.G., Nemecek, T. 2018. Addressing crop interactions within cropping systems in LCA. *International Journal of Life Cycle Assessment*. 23:1735-1743. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1393-9>
- Guerci, M., Knudsen, M.T., Bava, L., Zucali, M., Schonbach, P., Kristensen, T. 2013. Parameters affecting the environmental impact of a range of dairy farming systems in Denmark, Germany and Italy. *J. Cleaner Prod.* 54, 133-141.
- Hashemi, F., Mogensen, L., Knudsen, M.T. 2021. Internt notat under udarbejdelse.
- Hermansen, J. E., Kristensen, T. 2012. Notat om klimaaftryk for dansk kvægproduktion per produceret enhed. [https://pure.au.dk/portal/da/publications/notat-om-klimaaftryk-for-dansk-kvaegproduktion-per-produceret-enhed\(2e70070e-73a9-4af6-af25-d2b441dd6fec\).html](https://pure.au.dk/portal/da/publications/notat-om-klimaaftryk-for-dansk-kvaegproduktion-per-produceret-enhed(2e70070e-73a9-4af6-af25-d2b441dd6fec).html)
- Hietala, S., Smith, L., Knudsen, M.T., Kurppa, S., Padel, S., Hermansen, J.E. 2014. Carbon footprints of organic dairy in six European countries – real farm data analysis. *Org. Agr.*, DOI 10.1007/s13165-014-0084-0
- Knudsen, M.T., Dorca-Preda, T., Djomo, S.N., Peña, N., Padel, S., Smith, L.G., Zollitsch, W., Hörtenhuber, S., Hermansen, J.E. 2019b. The importance of including soil carbon changes, ecotoxicity and 3 biodiversity impacts in environmental life cycle assessments of organic and conventional milk in Western Europe. *Journal of Cleaner Production* 215: 433-443.
- Knudsen, M.T., Meyer-Aurich, A., Olesen, J.E., Chirinda, N., Hermansen, J.E. 2014. Carbon footprints of crops from organic and conventional arable crop rotations – using a life cycle approach. *J. Cleaner production*, 64, 609-618.
- Knudsen, M.T., Mogensen, L., Kristensen, T., Kongsted, A.G., Olesen, J.E. 2019a. Bidrag til oplysning af MOF spm. 265-267. Nr. 2018-760-000948, 2019. 5 s., jan. 10, 2019. https://pure.au.dk/portal/files/141794682/Besvarelsen_Bidrag_til_besvarelse_af_MOF_265_267.pdf
- Kool, A., Blonk, H., Ponsioen, T., Sukkel, W., Vermeer, H., Vries, J., Hoste, R. 2009. Carbon footprints of conventional and organic pork. Blonk Milieu Advies BV, The Netherlands.
- Kool, A., Scholten, J., Blonk, H. 2013. Differences between the carbon footprint of Danish pork in the JRC an Aarhus studies. Blonk Milieu Advies BV, The Netherlands.
- Kristensen, T., Mogensen, L., Knudsen, M.T., Hermansen, J.E. 2011. Effect of production system and farming strategy on greenhouse gas emissions from commercial dairy farms in a life cycle approach. *Livestock Science*, 140, 1-3, 136-148

- Kristensen, T., Lehmann, J.O., Knudsen, M.T., Pedersen, B.F., Petersen, S.O., Eriksen, E., Sørensen, M.M., Gyldenkerne, S., Mikkelsen, M.H. 2020. Estimering af national klimaeffekt for omlægning til økologisk jordbrug. Rådgivningsrapport, DCA.
- Lesschen, J.P., van den Berg, M., Westhoek, H.J., Witzke, H.P. & Oenema, O. (2011). Greenhouse gas emission profiles of European livestock sectors. *Animal Feed Science and Technology* 166-167, 16-28.
- MacLeod, M., Gerber, P., Mottet, A., Tempio, G., Falcucci, A., Opio, C., Vellinga, T., Henderson, B. & Steinfeld, H. 2013. Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains – A global life cycle assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Meier, M.S., Stoessel, F., Jungbluth, N., Juraske, R., Schader, C., Stolze, M. 2015. Environmental impacts of organic and conventional agricultural products – are the differences captured by life cycle assessment? *Journal of Environmental Management* 149, 193-208.
- Mogensen, L., Hermansen, J.E., Nguyen, L. Preda, T. 2015a. Environmental impact of beef. DCA Report 61.
- Mogensen, L., Kristensen, T., Nielsen, N.I., Spleth, P., Henriksson, M., Swensson, C., Hessle, A., Vestergaard, M. 2015b. Greenhouse gas emissions from beef production systems in Denmark and Sweden. *Livst. Sci.*, 174, 126-143.
- Nguyen, T.L.T, Hermansen, J.E., Mogensen, L. 2011. Environmental assessment of Danish pork. Aarhus University, Report No. 103, 33 pp.
- Olsen, J. V., Andersen, H. M-L., Schlægelberger, S. V., Kristensen, T., Udesen, F. 2021. Status på fem bæredygtighedsindikatorer for udvalgte arketyper af dansk griseproduktion. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Rapport Nr. 295
- Treu, H., Nordborg, M., Cederberg, C., Heuer, T., Claupein, E., Hoffmann, H., Berndes, G., 2017. Carbon footprints and land use of conventional and organic diets in Germany. *Journal of Cleaner Prod.* 161, 127-142.
- Zira, S., Rydhmer, L., Ivarsson, E., Hoffmann, R., Roos, E. 2021. A life cycle sustainability assessment of organic and conventional pork supply chains in Sweden. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 21-38
- Weiss, F. & Leip, A. (2012). Greenhouse gas emissions from the EU livestock sector: A life cycle assessment carried out with the CAPRI model. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 149, 124-134.
- Wirsenius, Stefan, Timothy Searchinger, Jessica Zions, Liqing Peng, Tim Beringer, and Patrice Dumas. 2020. "Comparing the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Dairy and Pork Systems across Countries Using Land-Use Carbon Opportunity Costs." Working paper. World Resources Institute. <https://www.wri.org/publication/comparing-life-cycle-greenhousegas-emissions-dairy-pork-systems>.
- van der Werf, H.M.G., Knudsen, M.T., Cederberg, C. 2020. Towards better representation of organic agriculture in life cycle assessment. *Nature*. 2020 jun;3(6):419-425. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0489-6>
- van Wagenberg, C. P. A. , de Haas, Y., Hogeveen, H., Krimpen, M.M., Meuwissen, M. P. M., van Middelaar, C. E., Rodenburg, T. B. 2017. Animal Board Invited Review: Comparing conventional and organic livestock production systems on different aspects of sustainability. *Animal*, 11 (10), 1839-1851.
- Vesterlund, J.O., Andersen, H.M., Schlægelberger, S.V., Kristensen, T., Udesen, F. 2021. Status på fem bæredygtighedsindikatorer for udvalgte arketyper af dansk griseproduktion. IFRO Rapport 295 ISBN: 978-87-93768-22-2

Appendix 1

Oversigt over dansk forskning indenfor LCA – fødevarer og landbrug

I bestillingen af denne vidensyntese om livscyklusvurdering har Landbrugsstyrelsen bedt om en oversigt over *'igangværende eller kommende relevant dansk forskning indenfor området'*.

For at sikre en repræsentation af relevante danske forskningsmiljøer, har AU rundsendt nedenstående skema til de danske universiteter og andre danske institutioner der, forfatterne bekendt, arbejder inden for området. Ved henvendelsen har AU bedt dem beskrive de projekter, de p.t. deltager i, hvor der indgår analyser baseret på LCA-metoden, og hvor klimaaftryk bestemmes for danske fødevarer eller fødevarerproduktionsystemer. Der er således tale om ikke alene egentlige forskningsprojekter, men også udviklings- og mere rådgivningsprægende aktivitet.

De modtagne svar indgår uredigeret i Tabel A1 og A2 opdelt på danske universiteter og andre institutioner.

Tabel A1. *Oversigt over igangværende eller kommende forskning om klimapåvirkning fra danske fødevarer/dansk landbrug baseret på LCA – danske universiteter*

Institution	Projekttitel	Periode (evt.)	Finansiering (evt.)	Hvilke danske fødevarer/produktions-systemer indgår i LCA analysen
AAU 1)	Circular bioeconomy and life cycle assessment of beef	2020-2023	MADE	Oksekød
AAU	Getting the Data Right	2021-2025	KR Foundation	Forventeligt alle afgrøder og dyr i FAOSTAT samt forarbejdning af ca. 300 fødevarer. Desuden indeholder databasen alle produkter i alle lande i hele verden: dette udarbejdes med en detaljeringsgrad på 1000-2000 produktkategorier og 50-60 lande/regioner https://www.en.plan.aau.dk/getting-the-data-right/
AAU	Fiskens Fodafttryk	2020-21	Fiskeafgiftsfo nden	Fisk fra vild fangst
AAU	Aquahealth	2020-23	ERA-NET	Akvakultur
AU-AGRO 2)	CSR-Pork 4.0	2017-2021	GUDP	Svinekød – Slagtesvineproduktion, konv.

AU-AGRO	EFFORT – Value added through efficient organic pig production		INNO	Svinekød - økologi
AU-AGRO	Slagtelams klimabelastning	2021	PAF	Lamme- og fårekød
AU-AGRO	Bæredygtig slagtekalfefodring	2021	KAF	Oksekød – slagtekalve, konv.
AU-AGRO	GroBeat – High quality grass-fed organic beef for sustainable eating behavior	2021-2024	GUDP	Oksekød – ungdyr, konv. – innovative systemer
AU-AGRO	Øko Ungtyre klima	2021	KAF	Oksekød - Ungtyreproduktion, økologi
AU-AGRO	Reduceret klimaaftryk på ko og bedriftsniveau		MAF	Mælk og oksekød
AU-AGRO	Green-Egg – Greening of organic egg production	2017-2021	NAER	Æg - økologi
AU-AGRO	Climateveg	2019-2022	GUDP	Grøntsager – Drivhus og friland, økologi
AU-AGRO	SustainOrg	2019-2022	GUDP	Kost/fødevarerdatabase – økologi
AU-AGRO	MIXED	2020-2024	EU H2020	Skovlandbrug og mixed (blandede systemer)
AU-AGRO	ClimOptic	2019-2022	GUDP	Økologiske gødninger/sædskifter
AU-AGRO	PATHWAYS	2021-2026	EUH2020	Grisekød
AU-AGRO	OUTFIT	2021-2024	GUDP	Økologisk Skovlandbrug
AU-AGRO	GrassTools	2021-2026	Innovationsfonden	Græs og græsprotein
AU-AGRO	Tillægsprojekt til arbejde vedr. baggrund for klimavenlige og bæredygtige kostråd 2021	2020-2021	Supplerende opgave til DTUs rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening fra FVST	Revision af listen over fødevarers klimaaftryk med fokus på de fødevarer, der indgår i kostundersøgelsen
KU IFRO ³⁾	PP-Pig (Prioritering af bæredygtighedsdimensioner med henblik på positionering af dansk grisekød)	2020 – 2021	Svineafgiftsfonden	Svinekød, konventionelt og økologisk
KU ⁴⁾	Nutri2Cycle (Closing the transition towards a more	2018-2024	EU: H2020-SFS-2016-2017	Vurderer en lang række forskellige teknologier som øger cirkulariteten i

	carbon and nutrient efficient agriculture in Europe)			landbrugsproduktionssystem er. I en dansk sammenhæng analyseres specifikt forsuring (kemisk og biologisk) af gylle og hvordan det kan hjælpe med at gøre husdyrproduktion mere bæredygtig.
KU	FertiCycle (New bio-based fertilisers from organic waste upcycling)	2020-2024	EU: H2020-MSCA-ITN-2020	Der analyseres flere biobaserede gødninger og hvordan landbrugssystemer kan gøres mere cirkulære og bæredygtige ved at anvende dem. For Danmark undersøges hvordan efterafgrøder kan anvendes til biogasproduktion samt hvordan slam kan bruges til at producere biochar.
KU	WALNUT: Closing waste water cycles for nutrient recovery	2021-2025	H2020-RUR-2018-2020	Undersøger metoder hvormed spildevandsslam kan recirkuleres til landbrugsjord. Der er endnu ikke valgt hvilke cases der skal undersøges, men der er ingen Danske virksomheder med.
KU ¹⁾	Local Nuts	2022-2023	Promilleafgiftsfonden	Hasselnød, valnød og kastanje
DTU ⁵⁾ AU- AGRO	Carbon Footprint reduction of transition to a Diet adhering to the Danish Climate-Friendly Food-Based Dietary Guidelines: Comparison of Two Carbon Footprint data sets.	Slut dec. 2021	FVM	Inkl opdateret tabel med CF for fødevarer der indgår i næringsberegninger af kostundersøgelsen 2011-2013

1) Aalborg Universitet, Institut for planlægning

2) Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi

3) Københavns Universitet, Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi

4) Københavns Universitet, Institut for Plante- og Miljøvidenskab

5) Danmark Tekniske Universitet

Tabel A2. Oversigt over igangværende eller kommende aktiviteter om klimapåvirkning fra danske fødevarer/dansk landbrug baseret LCA – ikke universitets institutioner

Institution	Projekttitel	Periode (evt.)	Finansiering (evt.)	Hvilke danske fødevarer/produktions-systemer indgår i LCA analysen
Concito ¹⁾	Den store klimadatabase, version 2	2021-2022		500+ forskellige fødevarer
Innovationscenter ØL ²⁾	Winter Feeding of Organic Sows (WI-FI)	-2023	GUDP	Grøn protein/pulp, mask
Innovationscenter ØL	Pathways for transitions to sustainability in livestock husbandry and food systems (Pathways)	- 2025	H2020	Foder, kød, mælk
Innovationscenter ØL	Værdiskabelse med grøn protein (Græsprøf)	-2023	GUDP	Grøn protein
SEGES, SDU	Resource efficient pig production with the use of Life Cycle Assessment and circular economy	2021-2024	Innovation Fund Denmark	Svinekød - primærproduktion
SEGES ³⁾	Klimavenlig dansk kalve- og oksekødproduktion	2022	Kvæg-afgiftsfonden	Kalve- og oksekødproduktion
SEGES	Klimaaftryk på foderet.	2022	Promille-afgiftsfonden	Afgrøder
SEGES	Klimavenlig produktion af plantebaserede fødevarer fra danske ærter (KlimÆPro)	2021-2025	GUDP	Ærter link
2.-0 LCA consultants ⁴⁾	Den Store Klima Database	2021-2022	Salling Fondene	Alle afgrøder og dyr i FAOSTAT 500+ fødevarer Link
2.-0 LCA consultants	Danish Crown	2020-	Danish Crown	Alle relevante foderafgrøder brugt af kvæg og svin i Danmark Svinebrug, mælkebrug og kødkvægsbrug i DK
2.-0 LCA consultants	Arla Foods	2011-	Arla Foods	Alle relevante foderafgrøder brugt af mælkekvæg i Danmark

				Mælkeproduktion
2.-0 LCA consultants	iLUC model	2011-	2.-0 LCA consultants	Miljøpåvirkninger fra land use changes forårsaget af fx fødevarers arealforbrug. Link
2.-0 LCA consultants	Getting the Data Right	2021-2025	KR Foundation	Forventeligt alle afgrøder og dyr i FAOSTAT samt forarbejdning af ca. 300 fødevarer. Desuden indeholder databasen alle produkter i alle lande i hele verden: dette udarbejdes med en detaljeringsgrad på 1000-2000 produktkategorier og 50-60 lande/regioner Link
2.-0 LCA consultants	Life cycle assessment of organic residues recycling at DAKA	2019-2021	DAKA	Behandling af organiske restprodukter fra landbrug, fødevarerindustri og restauranter/storkøkkener Link
2.-0 LCA consultants	Life cycle assessment (LCA) of Kangamiut Seafood products	2020-2021	Kangamiut Seafood	Cod, prawns, salmon

- 1) Danmarks grønne tænketank CONCITO blev stiftet den 1. september 2008. CONCITOs formål er at medvirke til en lavere udledning af drivhusgasser. Et netværk med omkring 100 virksomheder, forskere, organisationer og personer som medlemmer.
- 2) Innovationscenter for Økologisk Landbrug etableret 1. juli 2021 fra tidligere SEGES Økologi Innovation og Økologisk Landsforenings landbrugsafdeling.
- 3) SEGES er en faglig del af erhvervsorganisationen Landbrug & Fødevarer. SEGES er opdelt i tre hovedområder: Innovation, Digital og Kommercielle aktiviteter.
- 4) 2.-0 LCA consultants er en konsulentvirksomhed, der arbejder på offentligt finansierede forskningsprojekter, for private virksomheder samt for NGO'er.