



# BÆREDYGTIGHEDSPARAMETRE FOR KONVENTIONELLE FODERMIDLER TIL KVÆG - METODE OG TABELVÆRDIER

---

LISBETH MOGENSEN, MARIE TRYDEMAN KNUDSEN, TEODORA DORCA-PREDA,  
NICOLAJ INGEMANN NIELSEN, IB SILLEBAK KRISTENSEN OG TROELS KRISTENSEN

DCA RAPPORT NR. 116 · MARTS 2018



AARHUS  
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG

# Bæredygtighedsparametre for konventionelle fodermidler til kvæg

## Supplerende oplysninger og præciseringer (oktober 2019)

I bestræbelsen på at rapporten lever op til Aarhus Universitetets retningslinjer for transparens og deklarering af eksternt samarbejde gives følgende supplerende oplysninger og præciseringer, som er udarbejdet i samarbejde mellem forsker(e) og AU/STs dekanat:

Projektet er finansieret af Mælkeafgiftsfonden og Kvægafgiftsfonden, som det fremgår af forordet. Ud over AU er projektdeltagerne ansatte i SEGES, NorFor og Arla. NorFor har udtrykt støtte til projektet i form af et støttebrev til ansøgningen, da NorFor efterfølgende har interesse i at kunne bruge resultaterne i deres udvikling af planlægningsværktøj. Arla Foods amba har medfinansieret projektet med i alt 250 t.kr. i 2014 og 2015 via 'in kind' midler.

Nicolaj Ingemann Nielsen er krediteret som medforfatter til rapporten. Nicolaj Ingemann Nielsen er ansat som chefkonsulent i SEGES og er tilknyttet scientific advisory group i NorFor (Nordic Feed Evaluation System). Nicolaj Ingemann Niensens tilknytning til SEGES og NorFor er ved en fejl ikke deklareret i rapporten.

Arla (Hanne Bang Bligaard) og SEGES (Nicolaj Ingemann Nielsen) har leveret viden om, hvad forbruget af forskellige fodermidler er i praksis, som baggrund for udvælgelse af de hyppigst anvendte fodermidler til projektet.

Nicolaj Ingemann Nielsen har med afsæt i informationer fra praksis skrevet kapitlerne 5.4 og 6.3. I kapitel 5.4 bliver der, baseret på oplysninger om råvaresammensætningen i typiske kraftfoderblandinger til malkekvæg, der er indsamlet hos de største danske foderstoffirmaer, opstillet 4 typiske kraftfoderblandinger til malkekvæg. I kapitel 6.3 opstilles forskellige typer foderrationer til malkekøer. Disse rationer er i udgangspunktet optimeret efter anbefalingerne i DMS-Norfor (Dairy Management System).

Den metode, der i rapporten anvendes til beregning af bæredygtighedsparametre for foder, er beskrevet i en peer reviewet artikel (Mogensen et al., 2014).

Arla (v/Hanne Bang Bligaard og Anna Flysjö) og SEGES (v/Ole Aaes) har været tilknyttet projektet i en følgegruppe. Følgegruppen har deltaget i projektmøder, så de løbende var informeret om projektets fremdrift.

Som en del af kvalitetssikringen af rapporten har Hanne Bang Bligaard og Ole Aaes gennemlæst rapporten for formelle fejl og faglig forståelse.

# **BÆREDYGTIGHEDSPARAMETRE FOR KONVENTIONELLE FODERMIDLER TIL KVÆG - METODE OG TABELVÆRDIER**

---

DCA RAPPORT NR. 116 · MARTS 2018



AARHUS  
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG

**Lisbeth Mogensen, Marie Trydeman Knudsen, Teodora Dorca-Preda, Nicolaj Ingemann Nielsen,  
Ib Sillebak Kristensen og Troels Kristensen**

Aarhus Universitet  
Institut for Agroøkologi  
Blichers Alle 20  
Postboks 50  
8830 Tjele

# BÆREDYGTIGHEDSPARAMETRE FOR KONVENTIONELLE FODERMIDLER TIL KVÆG

## - METODE OG TABELVÆRDIER

---

Serietitel: DCA rapport

Nr.: 116

Forfattere: Lisbeth Mogensen, Marie Trydeman Knudsen, Teodora Dorca-Preda, Nicolaj Ingemann Nielsen, Ib Sillebak Kristensen og Troels Kristensen

Udgiver: DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Blichers Allé 20, postboks 50, 8830 Tjele. Tlf. 8715 1248, e-mail: [dca@au.dk](mailto:dca@au.dk)  
hjemmeside: [www.dca.au.dk](http://www.dca.au.dk)

Fotograf: For- og bagsidefoto: Colourbox

Tryk: [www.digisource.dk](http://www.digisource.dk)

Udgivelsesår: 2018

Gengivelse er tilladt med kildeangivelse

ISBN: Trykt version 978-87-93643-27-7, elektronisk version 978-87-93643-28-4

ISSN: 2245-1684

Rapporterne kan hentes gratis på [www.dca.au.dk](http://www.dca.au.dk)

### Rapport

Rapporterne indeholder hovedsageligt afrapportering fra forskningsprojekter, oversigtsrapporter over faglige emner, vidensynteser, rapporter og redegørelser til myndigheder, tekniske afprøvninger, vejledninger osv.



## Forord

Nærværende rapport er udarbejdet som del af projektet 'Bæredygtig foderforsyning til danske malkekøer' (finansieret af Mælkeafgiftsfonden i 2014-2015) og delvist af projektet 'Værktøj til beregning af mælke- og kødproduktionens klimaaftryk' finansieret af Mælkeafgiftsfonden og Kvægafgiftsfonden (KAF), 2016-2017). Målet er at bidrage til, at landmanden i fremtiden kan sammensætte en foderration, der på samme tid opfylder de ernæringsmæssige anbefalinger, og hvor produktionen af den samlede foderforsyning har belastet klima, miljø og biodiversitet mindst muligt.

I projektet er der opstillet en udvidet 'fodermiddeltabel', hvor der for hvert fodermiddel ud over de traditionelle næringsstofværdier også er en værdi for udvalgte bæredygtighedsparametre. Der er udviklet en metode baseret på livscyklusvurdering (LCA) til at dokumentere disse bæredygtighedsparametre for de mest anvendte fodermidler til danske malkekøer.

*John E. Hermansen  
Institut for Agroøkologi*



## Indhold

1.	Baggrund og formål .....	7
2.	Afgrænsning og definitioner .....	8
2.1.	Definition af bæredygtighed og bæredygtighedsparametre .....	9
3.	Fodermidler .....	10
4.	Beregningsmetode for bæredygtighedsparametre .....	12
4.1.	Metode til beregning af klimaaftryk (CF) .....	12
4.1.1.	Emissionsberegninger .....	13
4.1.2.	Ændring i kulstofomsætning i jorden .....	15
4.1.3.	Regnskovsrydning (LUC) .....	17
4.2.	Metode til beregning af arealforbrug .....	19
4.3.	Metode til beregning af fossilt energiforbrug .....	19
4.4.	Metode til beregning af potentiel eutrofiering .....	19
4.5.	Metode til beregning af påvirkning af biodiversitet .....	20
4.6.	Standard LCA tal for handelsgødning, energi og transport .....	21
4.6.1.	Handelsgødning .....	21
4.6.2.	Energi .....	22
4.6.3.	Transport .....	24
5.	Input data – foder .....	26
5.1.	Oprindelseslande og transport af foder .....	26
5.1.1.	Transport af foder .....	26
5.1.2.	Oprindelseslande .....	31
5.1.3.	Transportveje fra lande hvorfra der importeres – effekt på bæredygtighed .....	34
5.2.	Hjemmeavlet grovfoder og andet dansk produceret foder .....	36
5.2.1.	Afgrødeudbytter .....	36
5.2.2.	Input af N, P og K gødning .....	40
5.2.3.	Afgrøderester, herunder halmanvendelse .....	41
5.2.4.	Vanding, tørring, dieselforbrug og kalkning .....	45
5.3.	Indkøbt foder, biprodukter .....	48
5.3.1.	Rapskage og -skrå .....	48
5.3.2.	Hvedeklid og hvedebærme (DDGS) .....	49
5.3.3.	Grønpiller .....	52
5.3.4.	Roepiller, melasse, frisk og tørret HP-pulp fra sukkerroer .....	52
5.3.5.	Mask og maltspirer .....	55
5.3.6.	Majsgluten og majs .....	56
5.3.7.	Sojaskrå og sojaskaller .....	58
5.3.8.	Vegetabilsk fedt; palmeolie, PFAD, forsæbet og mættet PFAD samt palmeskrå .....	60
5.3.9.	Solsikkekage og -skrå .....	64
5.3.10.	Citruskvas .....	66
5.4.	Typiske standard kraftfoderblandinger .....	67
6.	Resultater .....	70
6.1.	Bæredygtighedsværdier for fodermidler .....	70
6.2.	Bæredygtighedsværdier for typiske kraftfoderblandinger til malkekvæg .....	78
6.3.	Betydning af foderrationens sammensætning for mælkens klimaaftryk og andre bæredygtighedsparametre .....	79
6.3.1.	Metode .....	80
6.3.2.	Klimaaftryk og andre bæredygtighedsparametre fra forskellige rationer .....	81
6.3.3.	Betydning af ydelsesniveau .....	84
6.3.4.	Betydning af klimabidrag fra metan kontra fodermidler for mælkens klimaaftryk .....	84
7.	Diskussion .....	86
7.1.	Metodevalg .....	86
7.1.1.	Klimaaftryk med eller uden bidrag fra kulstof i jord og regnskovsrydning .....	86



7.1.2.	Betydning af valgte karakteriseringsfaktor .....	88
7.1.3.	Betydning af valgte standard LCA tal for input.....	88
7.1.4.	Betydning af valgte data for udbytniveau, input af N og diesel.....	91
7.1.5.	Betydning af metode til bestemmelse af ændring i jordens indhold af C og N, samt potentiel N-udvaskning.....	93
7.2.	Sammenligning med andre studier .....	98
8.	Referencer.....	103
Appendix 1.	Bæredygtighedstal per kg foder.....	112
Appendix 2.	Input og output fra dyrkning af danske fodermidler .....	116
Appendix 3.	Kvælstofbalancer fra dyrkning af danske fodermidler.....	118
Appendix 4.	Gennemsnitlige jordtyper på konventionelle kvæg- og plantebedrifter .....	122
Appendix 5.	Halmanvendelse i Danmark.....	123
Appendix 6.	Hvedeklid.....	124
Appendix 7.	Biprodukter fra sukkerroeforarbejdning.....	125
Appendix 8.	Majsgluten .....	126
Appendix 9.	Forudsætninger for beregning af bæredygtighedsværdier af økologisk foder.....	127

## 1. Baggrund og formål

Strategien for Landbrug & Fødevarer, Kvæg 2018 sigter mod en rentabel og bæredygtig produktion. Ved valg af fodermidler må landmanden derfor ud over ernæring og økonomi også tage stilling til klima- og miljøbelastningen ved at producere og anvende foderet. Et afgørende element er, at fodermidlerne kan deklareres med værdier for deres bæredygtighed. Målet med denne rapport er at bidrage til, at landmanden i fremtiden kan sammensætte en ration, der på samme tid opfylder de ernæringsmæssige anbefalinger, er økonomisk fornuftig og hvor produktionen af den samlede foderforsyning har belastet klima, miljø og biodiversitet mindst muligt.

Når det er relevant at kunne beregne de enkelte fodermidlers bæredygtighed, herunder klimaaftryk, er det ud fra den overordnede idé, at klimaaftrykket fra et kvægssystem kan beregnes som summen af klimaaftryk fra produktion af de enkelte fodermidler, fra metan ( $\text{CH}_4$ ) fra fordøjelse og gødningshåndtering samt fra lattergas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) emission relateret til håndtering af husdyrgødning.

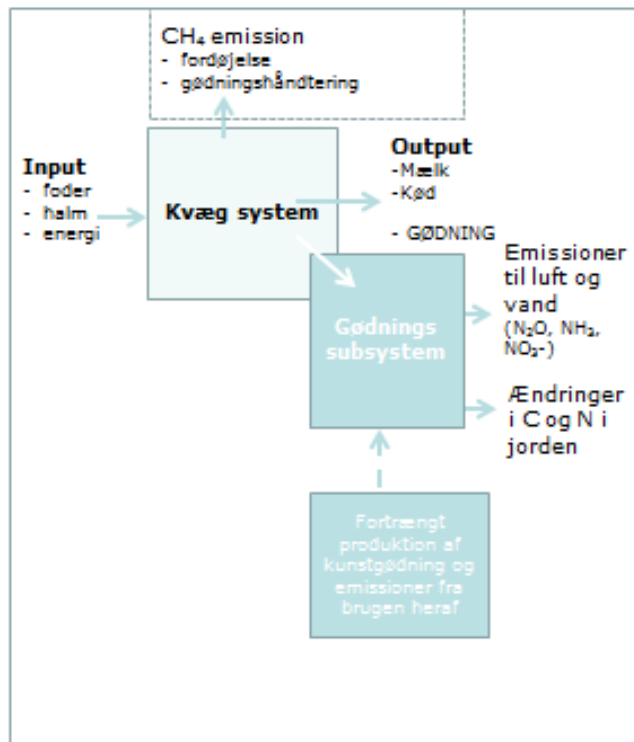
Formålet med dette projekt er at opstille en udvidet 'fodermiddeltabel', hvor der for hvert fodermiddel ud over de traditionelle næringsstofværdier også er en værdi for udvalgte bæredygtighedsparametre. Der er udviklet en metode baseret på livscyklusvurdering (LCA) til at dokumentere disse bæredygtighedsparametre for de mest anvendte fodermidler til danske malkekøer.

## 2. Afgrænsning og definitioner

Denne rapport er afgrænset til kun at omhandle konventionelt dyrket foder.

Som vist i figur 1 kan det samlede klimabidrag fra et kvægsystem beregnes som summen af klimabidraget fra foderproduktion, klimabidraget der skyldes metanudledning ( $\text{CH}_4$ ) fra fordøjelse af foderet og fra gødningshåndtering, samt andre klimagasudledninger relateret til håndtering af husdyrgødning.

I den anvendte metode er det således valgt at holde klimabidrag fra anvendelse af husdyrgødning adskilt fra klimabidrag fra produktionen af foder. Det er derfor i beregningerne antaget, at dyrkning af de enkelte fodermidler er baseret udelukkende på brug af handelsgødning. Alle emissioner fra brug af husdyrgødning, der overstiger dem fra brug af samme mængde handelsgødningsækvivalenter medtages under selve kvægproduktionen. Dvs. stald-, lager- og udbringningsemissioner fra husdyrgødning medtages under kvægproduktionen. Kvægproduktionen godskrives samtidig, at den producerer plantetilgængeligt kvælstof (N), fosfor (P) og kalium (K) i husdyrgødningen. Dvs. at der fratrækkes de emissioner, som man sparer, fordi der ikke skal produceres den mængde handelsgødning, som husdyrgødningen kan erstatte.



**Figur 1.** Illustration af metoden, hvor klimaaftrykket fra et kvægsystem kan opdeles i bidrag fra 1) produktion af fodermidler 2) metan fra fordøjelse og gødningshåndtering og 3) emissioner relateret til håndtering af husdyrgødning, herunder kompensation for gødningsværdien af husdyrgødningen (Mogensen et al., 2014).

## 2.1. Definition af bæredygtighed og bæredygtighedsparametre

Bæredygtighed defineres ifølge Brundtlandrapporten fra 1987 som "en udvikling, der skaffer menneskene og miljøet det bedste uden at skade fremtidige generationers mulighed for at dække deres behov" (FN, 1987). Eller udtrykt på en mere enkel måde vil bæredygtighed skabe de bedst mulige betingelser for mennesker og miljø både nu og i den fjerne fremtid.

Baseret på en analyse af Rockström et al. (2009) inddrages nedenstående bæredygtighedsparametre i analysen af foderets bæredygtighed:

- Klimaaftryk fra dyrkning, forarbejdning og transport af foderet,
- Klimaaftryk fra kulstofomsætning i jorden,
- Klimaaftryk fra regnskovsrydning ( $LUC_{\text{direkte}}$ ) og arealbeslaglæggelse ( $LUC_{\text{indirekte}}$ ),
- Arealforbrug,
- Påvirkning af biodiversitet,
- Fossile energiforbrug,
- Potentiel eutrofiering.

### 3. Fodermidler

Ud fra en nyere opgørelser af forbruget af forskellige fodermidler i danske malkekvægsbesætninger (Aaes et al., 2015) samt interview af foderstofbranchen m. fl. er det defineret, hvilke fodermidler, der skal indgå i denne rapport for at kunne repræsentere foder anvendt til konventionelle køer i Danmark.

Aaes et al. (2015) har opgjort anvendelsen af fodermidler til malkekøer af stor race for produktionsåret 2014. Andel af besætninger, der anvender de forskellige fodermidler samt gennemsnitlig tildelt mængde i kg tørstof (TS) per ko per dag er vist i tabel 1. For nogle af fodermiddelgrupperne i tabel 1 er der i noterne uddybet, hvilke mest betydende indkøbte råvarer fodermiddelgruppen dækker over.

**Tabel 1.** Anvendelse af fodermidler til konventionelle malkekøer i 2014 (Aaes et al., 2015)

Fodermiddel	Besætninger, der anvender emnet <sup>1)</sup>	Tildelt kg TS per ko per dag <sup>2)</sup>
Græs- og kløvergræsensilage	100,0	4,64
Majsensilage	97,6	7,92
Mineraler + vitaminer	96,1	0,30
Korn <sup>3)</sup>	76,4	1,55
Halm	75,6	0,25
Rapsprodukter <sup>4)</sup>	66,4	1,62
Kvægfoderblandinger, lav%	63,0	1,79
Sojaprodukter <sup>5)</sup>	59,1	0,85
Foderfedt	53,5	0,08
Kraftfoderblandinger, høj%	52,8	1,42
Urea	48,8	0,03
Roepiller	30,7	0,24
Frisk græs	24,4	0,50
Byghelsædensilage	22,0	0,16
Anden helsæd, ensilage <sup>6)</sup>	21,2	0,21
HP-pulp, ensilage	20,5	0,36
Hø	18,1	0,02
Melasse	16,5	0,08
Roer	10,2	0,11

1) Ud af 127 besætninger fra KPO (kortperiodisk foderopgørelse)

2) Gennemsnit for alle besætninger i undersøgelsen, ikke kun besætninger, der anvender fodermidlet

3) Korn er især byg, hvede, rug, triticale, majs

4) Rapsprodukter er især rapsskrå, rapskage

5) Sojaprodukter er især sojaskrå, sojaskaller

6) Bygært, hvede, havre, hvedeært, og ærtehelsæd

I tabel 2 er vist de fodermidler, der indgår i rapporten. Alt grovfoderet antages at være dyrket på kvægbedrifter på en jordtyre, der svarer til gennemsnittet for alle kvægbedrifter i Danmark. Tilsvarende antages, at dansk korn og raps er dyrket på ikke-kvægbedrifter og endvidere, at disse afgrøder dyrkes efter korn, hvilket påvirker gødningsnormen.

**Tabel 2.** Liste over de fodermidler, der indgår i rapporten

Råvarer	Afgørde	Dyrkningssted <sup>1)</sup>		
		Kvægbedrift	Dansk ikke-kvæg	Import
<b>Korn og rapsprodukter</b>				
Byg	Vårbyg		X	
Hvede	Vinterhvede		X	
Rug	Vinterrug		X	
Triticale	Vintertriticale		X	
Havre	Vårhavre		X	
Byghalm	Vårbyg		X	
Hvedehalm	Vinterhvede		X	
Rapsfrø	Rapsfrø		X	
Rapsskrå	Rapsfrø		X	
Rapskage	Rapsfrø		X	
Kornbærme	Hvede			X
Hvedeklid	Vinterhvede		X	
Mask	Byg		X	
Majs kerne	Majs		(X)	X
Majsgluten	Majs			X
<b>Roer og roeprodukter</b>				
Foderroer	Foderroer	X		
Roepiller	Sukkerroer		X	
Melasse	Sukkerroer		X	
HP-pulp (sukkerøeffald)	Sukkerroer		X	
<b>Grovfoder</b>				
Byghelsæd	Vårbyg	X		
Kløvergræs ensilage	Kløvergræs	X		
Kløvergræs afgræsset	Kløvergræs	X		
Græs ensilage	Græs	X		
Vedv. græs afgræsset	Vedvarende græs	X		
Naturgræs afgræsset	Naturgræs	X		
Majs helsæd	Majs	X		
Kolbemajs	Majs	X		
<b>Græsprodukter</b>				
Grønpiller	Kløvergræs	X		
<b>Soja, solsikke og palme</b>				
Sojaskrå	Sojabønner			X
Sojaskaller	Sojabønner			X
Solsikkeskrå/kage	Solsikkefrø			X
Palmekage/skrå	Palmefrugter			X
<b>Veg. fedt</b>				
Forsæbet fedt <sup>2)</sup>	Palmefrugter			X
Møttet fedt <sup>3)</sup>	Palmefrugter			X
<b>Andre bi-produkter</b>				
Citruskvas	Citrusfrugter			X

1) Dyrkningssted dvs. hvilke produktionsdata, der er anvendt f.eks., for 'kvægbedrift' er gennemsnitlige produktionsdata fra danske kvægbedrifter, tilsvarende er 'dansk - ikke kvæg' gennemsnitlige produktionsdata fra en bedrift uden kvæg og for 'import' bruges produktionsdata for en udenlandsk bedrift.

2) Af palmeoliefedtsyrer PFAD 85%, 15% kalcium

3) Af veg. råvarer hovedsagelig palmeolie

## 4. Beregningsmetode for bæredygtighedsparametre

Der er udviklet en metode baseret på livscyklusvurdering (LCA) til at beregne de udvalgte bæredygtighedsparametre for de enkelte fodermidler. En LCA er en vurdering af et produkts - her et fodermiddels - påvirkning på miljøet, hvor alle stadier i produktionen af produktet indgår. For foders vedkommende dækker livscykluskæden fra dyrkning af afgrøden, inklusiv produktion af input som handelsgødning, diesel, el osv. over forarbejdning og transport, indtil foderet er klar til udfodring på kvægbedriften.

Den funktionelle enhed, altså mængden af det produkt (foder), der undersøges er her 1 kg tørstof (TS) foder, der er klar til udfodring. For at kunne lave en livscyklusvurdering må der indsamles input/output data for ovenstående processer samt beregnes de tilhørende emissioner. Tab i primærproduktionen indgår indirekte, idet der anvendes nettoudbytter.

Hvis der produceres flere produkter fra samme afgrøde f.eks. dyrkning af raps, der forarbejdes til olie og kage/skrå, må den samlede miljøbelastning fra produktionen fordeles mellem de forskellige produkter. Her er det valgt at anvende økonomisk allokering, dvs. at man tager højde for både den producerede mængde og pris for produkterne, når den samlede miljøbelastning fordeles.

### 4.1. Metode til beregning af klimaaftryk (CF)

Udledning af klimagasser påvirker det globale klima. Det er resultatet af den samlede udledning af klimagasser og kan kvantificeres ved hjælp af indikatoren CO<sub>2</sub>-ækvivalenter (CO<sub>2</sub>-ækv.). Når klimaaftrykket fra dyrkning af en foderafgrøde beregnes i et livscyklusperspektiv betyder det, at udledning af klimagasser fra hele kæden medtages. Både de emissioner, der forekommer under dyrkningen på landbrugsbedriften, men også emissioner fra produktion af input som f.eks. handelsgødning medtages. For foderemner, der forarbejdes, medtages også emissioner knyttet hertil. Endvidere medtages de emissioner, der opstår ved transport af afgrøden fra dyrkningsstedet, over evt. forarbejdningssted frem til udfodring på kvægbedriften. Hertil kommer, at nogle foderafgrøder dyrkes på jord, hvor regnskoven for nylig er blevet ryddet for at skaffe mere landbrugsjord, f.eks. sojabønner i Sydamerika. Der er forskellige metoder til at indregne dette bidrag og nogen diskussion af, hvilken metode, der skal anvendes. Derfor beregnes det samlede klimaaftryk for et givet fodermiddel både med og uden dette bidrag fra regnskovsrydning (LUC= Land Use Change).

### 4.1.1. Emissionsberegninger

I tabel 3 er givet de anvendte emissionskoefficienter til beregning af lattergas (N<sub>2</sub>O) og ammoniak (NH<sub>3</sub>) emissioner fra udbringning af forskellige typer gødning og fra afgrøderester samt indirekte N<sub>2</sub>O udledning fra potentiel nitratudvaskning (NO<sub>3</sub>) og fra ammoniakfordampning. Emmisionsfaktorer for N<sub>2</sub>O emissionen er baseret på IPCC (2006). Ammoniak (NH<sub>3</sub>) emission fra dyrkning af afgrøder samt udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. ved kalkning er baseret på danske data (Mikkelsen et al., 2006; Mikkelsen et al., 2005; Gyldenkærne & Albrektsen, 2008; Mikkelsen et al., 2011). Karakteriseringsfaktorene for omregning fra N<sub>2</sub>O og CH<sub>4</sub> til CO<sub>2</sub>-ækv. er fra IPCC (2013).

**Tabel 3.** Emissionskoefficienter til beregning af klimaaftryk fra dyrkning af afgrøder

Emission	Type	Mængde	Emissions Faktor (EF)	Reference EF
N <sub>2</sub> O-N <sub>direkte</sub> , kg	Fra udbringning af handelsgødning	Kg N i gødning ab lager	0,01	1)
	Fra afgrøderester	kg N i rester pr. ha pr år	0,01	2)
NH <sub>3</sub> -N, kg	Fra udbringning af handelsgødning	Kg N i gødning	0,019	3)
	Fra afgrøder	Græs, pr. ha	0,5	4)
		Andre afgrøder, pr. ha	2,0	4)
N <sub>2</sub> O, Indirekte kg	Fra NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub> -N, kg	0,01	1)
	Fra NO <sub>3</sub> -udvaskning	NO <sub>3</sub> -N, kg	0,0075	1)
CO <sub>2</sub>	Kalk (CaCO <sub>3</sub> )	Kg C <sup>7)</sup>	0,12	1)
Karakteriseringsfaktorer, kg CO <sub>2</sub> -ækv. 100 års perspektiv		CO <sub>2</sub>	1	5)
		N <sub>2</sub> O	265	
		CH <sub>4</sub> - biogenic	25	5) og 6)

1) IPCC, 2006

2) Mikkelsen et al., 2006; Mikkelsen et al., 2005

3) EMEP/EEA, 2009 cf Mikkelsen et al., 2011

4) Gyldenkærne & Albrektsen, 2008

5) IPCC, 2013

6) Simapro

7) Fra C til CO<sub>2</sub> multiplicere med 44/12



### *Potentiel N-Udvaskning*

Potentiel N-udvaskning ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) bidrager indirekte til klimaaftrykket via  $\text{N}_2\text{O}$  emission samt direkte til potentiel eutrofiering. Potentiel N-udvaskning beregnes i dette projekt på baggrund af mark-balancen for dyrkning af hver enkelt afgrøde som residualen, når N-overskuddet er fratrukket andre N-emissioner, samt at der er taget højde for ændringer i N-jordpuljen. Denne ændring i jordpulje N følger ændring i jordpulje C, og kan beregnes ud fra et C:N forhold på 10:1, hvor klimapåvirkningen fra ændring af C i jordpuljen er beregnet i et 100-årigt perspektiv vha. metoden beskrevet af Petersen et al. 2013 (se afsnit 4.1.2).

I beregningen af andre N-emissioner i N-balancen indgår også  $\text{NO}_x$  (kvælstofoxider).  $\text{NO}_x$  består primært af de to gasser  $\text{NO}$  og  $\text{NO}_2$ , men  $\text{NO}_2$  antages at være ubetydelig. Der er fundet et fast forhold mellem  $\text{NH}_3\text{-N}$  og  $\text{NO}_x\text{-N}$ .  $\text{NO}_x\text{-N}$  beregnes således som  $\text{NH}_3\text{-N} \cdot (12/88)$  som foreslået af (IFA, 2001 cf. Schmidt & Dalgaard, 2012).

I andre N-emissioner i N-balancen indgår endvidere udledning af frit kvælstof ( $\text{N}_2\text{-N}$ ).  $\text{N}_2$  dannes sammen med  $\text{N}_2\text{O}$  ved denitrifikation og har ikke nogen miljøeffekt. Mængden af  $\text{N}_2$  kan beregnes vha. SimDen modellen (Vinther & Hansen, 2004) ud fra lattergas-emissionen og forholdet  $\text{N}_2/\text{N}_2\text{O}$ . Dette forhold er afhængig af jordtype og gødningsanvendelse. I denne rapport er der beregnet en vægtet faktor for en gennemsnitlig jordtype på hhv. danske kvægbedrifter og plantebedrifter til at bestemme den samlede denitrifikation:

Kvægbedrift: Total denitrifikation ( $\text{N}_2\text{-N} + \text{N}_2\text{O-N}$ ) =  $3,4 \cdot \text{N}_2\text{O-N}_{\text{direkte}}$

Plantebedrift: Total denitrifikation ( $\text{N}_2\text{-N} + \text{N}_2\text{O-N}$ ) =  $2,9 \cdot \text{N}_2\text{O-N}_{\text{direkte}}$

(Vinther & Hansen, 2004, Tabel 4)

Som en følsomhedsberegning bestemmes potentiel N udvaskning endvidere også som beskrevet af IPCC (2006). Ifølge IPCC kan potentiel N udvaskning ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) bestemmes som 30% af summen af N tilført med handelsgødning, husdyrgødning, afgrøderester og N fra mineralisering af jorden.

En anden følsomhedsberegning ser på betydningen af, at ændring i jordpulje N beregnes i et 20-årigt perspektiv (vha. Petersen et al. 2013, se 4.1.2) mod et 100-årigt perspektiv anvendt i den generelle metode. Ifølge Petersen et al. (2013) giver indlejring af C i jorden en reduktion på klimaaftrykket svarende til at 9,7% af den årligt indlejrede kulstofmængde er tilbage i jorden i et 100 årigt perspektiv, mens der stadig er 21,3% tilbage, hvis man kun regner i et 20 årigt perspektiv. Der antages et fast C : N forhold. Dette betyder ligeledes mht. kvælstof i jordpuljen, at dobbelt så meget af den indlejrede N mængde er tilbage, hvis man regner i 20 årigt i stedet for 100 årigt perspektiv.

#### 4.1.2. Ændring i kulstofomsætning i jorden

Beregning af klimaaftryk fra ændring i kulstofomsætning i jorden som følge af at dyrke en bestemt afgrøde er baseret på metoden af Petersen et al. (2013), hvor ændring i jordens kulstofpulje (C) beregnes ud fra det pågældende års input af C fra afgrøderester bestemt vha. den danske C-tool model (Taghizadeh-Toosi et al., 2014). For afgrøder, som ikke dyrkes under danske forhold, for eksempel sojabønner og solsikker gives et estimat for dette bidrag ud fra samme metode.

Metoden af Petersen et al. (2013) angiver, at 9,7% af C tilført jorden, vil være bundet i et 100 årigt perspektiv. Input af kulstof til jorden består af summen af overjordiske og underjordiske afgrøderester med et antaget C-indhold på 45% af tørstof (Johnson et al., 2006). Overjordiske afgrøderester består af marktab, halm, top m.m., der efterlades i marken, samt bidrag fra stubbe, avner, og bladhenfald. Mens rodhenfald bidrager til underjordiske afgrøderester.

Metoden af Petersen et al. (2013) kan vise forskelle i kulstofbidrag til jorden for forskellige afgrøder. Til kalibrering af niveauet til målte værdier i Danmark anvendes en referenceafgrøde med en kendt værdi for årligt kulstofinput, og andre afgrøders klimabidrag fra kulstofomsætning i jorden vises i forhold til denne. Hvede med en gennemsnitlig dansk anvendelse af halm (dvs. 58% af halmen høstes og 42% nedmuldes, se afsnit 5.1.3) dyrket uden input af husdyrgødning antages, baseret på danske målinger af kulstofændringer i jorden (Heidmann et al., 2001), at have en ændring af C i jorden tæt på 0 kg C/ha/år og er derfor valgt som referenceafgrøde.

C-tool modellen kan simulere kulstofændringer i tempereret landbrugsjord (Taghizadeh-Toosi et al. 2014). Modellen er parametriseret ud fra data fra langtidseksperimenter i Storbritanien, Sverige og Danmark. For forskellige afgrøder kan man vha. modellen beregne mængden af hhv. overjordiske og underjordiske afgrøderester på baggrund af det høstede udbytte (nettoudbytte). Ud fra koefficienterne (a, b, c) i tabel 4 kan den totale afgrøde produktion, halmudbytte, overjordiske og underjordiske rester beregnes som:

$$\text{Total produktion (kg DM)} = \text{Nettoudbytte (kg DM)} * (1 / ((1-b) * a))$$

$$\text{Underjordiske rester (kg DM)} = \text{Total produktion (kg DM)} * b$$

$$\text{Overjordiske rester (kg DM)} = \text{Total produktion} - \text{Underjordiske rester} - \text{Nettoudbytte (kg DM)} - \text{halmudbytte fjernet}$$

$$\text{Total halmudbytte (kg DM)} = \text{Nettoudbytte (kg DM)} * c$$

**Tabel 4.** Koefficienter til beregning af C-input fra afgrøderester i ovenstående ligninger <sup>1)</sup>

Afgrøde	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Vårbyg	0,45	0,17	0,55
Vinterhvede	0,43 (0,45)	0,25	0,55
Havre	0,40	0,17	0,60
Rug	0,38	0,25	0,80
Triticale	0,41 (0,38)	0,25	0,60 (0,80)
Rapsfrø	0,37	0,25	0,90
Byghelsæd	0,84 (0,75)	0,17	0
Kløvergræs/græs (slæt)	0,70	0,45	0
(afgræsset)	0,55	0,45	0
Majshelsæd	0,85	0,15	0
Kolbemajs	0,60	0,15	0
Foderroer	0,70	0,12	0,34
Sukkerroer	0,70	0,12	0,34

1) Udgangspunktet er C-tool koefficienter fra Taghizadeh-Toosi et al. 2014. For vinterhvede, triticale og byghelsæd er disse blevet opdateret med flere forsøgsdata Kristensen (2015, pers com) (de oprindelige C-tool koefficienter fra Taghizadeh-Toosi et al. 2014 er angivet i parentes i tabellen). Endvidere er koefficienter for kolbemajs samt afgræsset kløvergræs bestemt i dette projekt.

#### *Kløvergræs til slæt og afgræsning*

Koefficientrene i tabel 4 for kløvergræs/græs fra Taghizadeh-Toosi et al. 2014 skelner ikke mellem om græsset høstes til ensilage eller afgræsset. Tallene er antaget at være gældende for slætgræs. I denne rapport er det antaget, at der er det samme N-input til kløvergræs uanset anvendelsen af græsset (tabel 23), men at nettoudbyttet er lavere i afgræsset græs sammenlignet med slætgræs (tabel 19). På den baggrund er det endvidere antaget, at total produktion (kg TS) i marken er ens i græsmarker, uanset om marken anvendes til slæt eller afgræsning. Dvs. når græsset afgræsset og nettoudbyttet er lavere bliver mere af denne total produktion tilbage i marken som overjordiske afgrøderester, hvorfor vi har estimeret en ny a værdi for afgræsset kløvergræs.

#### *Vedvarende græs og naturgræs*

For vedvarende græs og natur græs findes der ikke C-tool koefficienter. Input af afgrøderester er beregnet med metoden i Mogensen et al. (2015), hvor det antages, at netto græsproduktionen på hhv. 1800 og 500 FE/ha i vedvarende græs og naturgræs udgør hhv. 60 og 40% af den overjordiske afgrødeproduktion, mens resten er overjordiske afgrøderester. Underjordiske rester er fra Djurhus og Hansen (2003). Det antages, at der er balance i jordens kulstofpulje på naturgræs, mens der sker en mindre kulstofindlejring på de vedvarende græsmarker. Dette er uden at der er indregnet et C-bidrag fra afsat gødning.

### *Tørvejord*

I klimaaftrykket for de danskproducerede foderafgrøder indgår ikke den udledning, der stammer fra dræning og dyrkning af organisk jord (tørvejord), da det antages at foderafgrøderne dyrkes på ikke-tørvejord (se 7.1.5).

For importeret foder fra Indonesien og Malaysia, dvs. palmebrød og olie, der bliver til vegetabilsk fedt, er der et betydeligt klimaaftryk fra dyrkning af tørvejord.

### **4.1.3. Regnskovrydning (LUC)**

#### *Bidrag fra ændret arealanvendelse f.eks. skovrydning*

Skoven spiller en vigtig rolle i det globale kulstofkredsløb og i hele klimadebatten, da skoven binder 80% af al den kulstof, der er bundet i landjordens økosystemer. Den største trussel mod skovene og deres kulstoflager er ændringer i arealanvendelsen og afskovning, især i tropenerne. Ændring i arealanvendelsen og afskovning (Land Use Change = LUC) bidrager med omkring 18% af de globale drivhusudledninger (Stern et al., 2006), men tallet er meget usikkert og estimerne for udledningen går fra 2,9 til 8,6 Gt CO<sub>2</sub> (Baumert et al., 2005). Langt det største bidrag kommer fra skovrydning, og ifølge FAO (2007) er 58% af denne skovrydning drevet af landbrugsproduktionen. Men spørgsmålet om landbrugets rolle er kompleks, da der er andre årsager som bygning af veje og byer, skovning af tømmer mm., der påvirker omfanget af afskovning. I denne rapport er medtaget to af de metoder, der pt. anvendes til at forsøge at medregne klimaaftrykket fra skovrydning i landbrugsprodukternes samlede klimaaftryk:

#### **Metode 1: LUC<sub>indirekte</sub>**

Metode 1 antager, at al arealanvendelse medfører pres på den begrænsede ressource – areal, og dermed er alle dyrkede afgrøder ansvarlig for, at der sker skovrydning et eller andet sted i verden. Argumentet er, at det globale fødevarer system er forbundet og derfor må LUC regnes med som en indirekte effekt. Øget efterspørgsel efter fødevarer har givet øget produktion af afgrøder. I de sidste 50 år er denne øgede produktion især opnået ved udbyttetigning frem for arealudvidelse, men da udbyttetigningen ikke kan følge med den stigende efterspørgsel som følge af befolkningstilvæksten forventes større pres på areal og dermed mere skovrydning (LUC) i fremtiden. I metode 1 beregnes bidraget fra LUC som beskrevet af Audsley et al. (2009):

Step 1. Estimat for totale globale emissioner fra LUC per år: Der er stor usikkerhed på tallet, men her er anvendt 8.5 Gt CO<sub>2</sub>/år ifølge Barker et al. (2007).

Step 2. Estimat for andel heraf, der skyldes landbrugsproduktion: 58% af LUC (FAO, 2007).

Step 3. Når der tages højde for det globale landbrugsareal kan der beregnes en gennemsnitlig LUC emissions faktor på 1.43 t CO<sub>2</sub>/ha landbrugsareal årligt, hvilket svarer til 143 g CO<sub>2</sub> fra LUC per m<sup>2</sup> anvendt til afgrødeproduktionen.

## Metode 2: LUC<sub>direkte</sub>

Metode 2 følger vejledningen fra PAS2050 (BSI, 2008), hvor LUC kun indregnes for fodermidler dyrket i lande, hvor der pt. sker skovrydning f.eks. for sojaskrå fra Brasilien og Argentina og palmeolie fra Malaysia og Indonesien. I denne rapport er anvendt bidrag fra regnskovsrydning per ha med afgrøden dyrket i hvert land fra rapporten af Blonk et al. (2013). F.eks. beregnes et klimaaftryk fra regnskovsrydning forårsaget af sojaproduktionen i Brasilien på i gennemsnit 10,79 ton CO<sub>2</sub>/ha/år, når det antages at 52% af sojabønnerne er dyrket på areal, der er omlagt fra regnskov i løbet af de seneste 20 år (11,9 mio. ha ud af i alt 23 mio ha dyrket med sojabønner) (Blonk et al., 2013). Dette giver et klimaaftryk fra LUC på i gennemsnit 4,13 kg CO<sub>2</sub>/kg sojabønne, 3,28 kg CO<sub>2</sub>/kg sojaskrå og 1,68 kg CO<sub>2</sub>/kg sojaskaller fra Brasilien. Disse LUC-tal et gennemsnitlig tillæg for LUC fra al sojaskrå fra Brasilien (dvs. gennemsnit for det, der kommer fra nyligt ryddede arealer og det, der er dyrket, hvor der ikke for nylig er sket skovrydning). Tilsvarende kan der beregnes et bidrag fra LUC fra sojaprodukter fra Argentina på i gennemsnit 5,19 kg CO<sub>2</sub>/kg sojabønne, 4,12 kg CO<sub>2</sub>/kg sojaskrå og 2,11 kg CO<sub>2</sub>/kg sojaskaller fra Argentina. Når bidraget fra LUC er højere i Argentina, skyldes det, at 73% af arealer med soja i Argentina kommer fra arealer, hvor der har været regnskovsrydning de seneste 20 år (Blonk et al., 2013). Derved bliver det anvendte klimaaftryk fra regnskovsrydning fra sojaproduktion afhængig af, hvor man importerer fra. I 2012 kom Danmarks import af soja fra Argentina (64%), Brasilien (28%) og USA (8%), hvorfor der anvendes et gennemsnitlig klimaaftryk fra regnskovsrydning på 3,55 kg CO<sub>2</sub>/kg sojaskrå anvendt i Danmark (alt sojaskrå inklusiv).

Tilsvarende beregnes LUC for palmeolie, der importeres fra Malaysia og Indonesien. Palmefrugt, der kommer fra Malaysia har i gennemsnit et klimaaftryk fra regnskovsrydning på 5,31 t CO<sub>2</sub>/ha/år som gennemsnit af al areal med palmefrugt, hvor der på 56% af arealet har været regnskovsrydning inden for de sidste 20 år (2,2 mio ha ud af i alt 4,0 mio ha med palmefrugt). Tilsvarende for palmefrugt, der kommer fra Indonesien. Det har i gennemsnit et klimaaftryk fra regnskovsrydning på 11,35 t CO<sub>2</sub>/ha/år som gennemsnit af al areal med palmefrugt, hvor der på 88% af arealet har været regnskovsrydning inden for de sidste 20 år (5,0 mio ha ud af i alt 5,7 mio ha med palmefrugt) (Blonk et al., 2013). I 2012 kom Danmarks import af palmeprodukter fra Malaysia (30%) og Indonesien (70%), hvorfor der anvendes et gennemsnitlig klimaaftryk fra regnskovsrydning på 448 g CO<sub>2</sub>/kg palmefrugt (alt palmefrugt inklusiv) eller 1,933 kg CO<sub>2</sub>/kg palmeolie, og 1,557 kg CO<sub>2</sub>/kg PFAD.

## 4.2. Metode til beregning af arealforbrug

Dyrkbart areal er en begrænset ressource, hvor den globale produktionen af foder til husdyr beslaglægger omkring 80% af det totale landbrugsareal (FAO, 2010). Indikatoren 'Arealforbrug' er et simpelt udtryk for forholdet mellem dyrket areal og udbyttet, når der dyrkes én afgrøde per år. I en afgrøde som soja, dyrkes der i nogle tilfælde flere afgrøder per ha per år, hvilket der tages højde for, når arealforbruget bestemmes. Arealforbrug angives i kvadratmeter per år ( $m^2/\text{år}/\text{kg TS}$ ).

## 4.3. Metode til beregning af fossilt energiforbrug

Fossil energi er en ikke fornybar og begrænset ressource. Forbrug af fossil energi (NRE) angives i enheden Mega Joule (MJ). Dette energiforbrug fremkommer som summen af energi forbrug i form af dels den direkte anvendte mængde af elektricitet, diesel, kul, olie og naturgas mm. til dyrkning og forarbejdning, samt energi anvendt til f.x. fremstilling af handelsgødning. Poster der især bidrager, er dieselforbrug til markoperationer, el til markvanding og energi til tørring af korn efter høst, diesel til transport, samt til tørring af bestemte bi-produkter.

## 4.4. Metode til beregning af potentiel eutrofiering

Eutrofiering er en overforsyning af næringsstoffer til naturlige økosystemer, der kan forårsage algeopblomstring, iltsvind og fiskedød i vandmiljøet og en uønsket ændring af floraen i terrestriske økosystemer. Især nitrat og fosfat fra udvaskning af kvælstof (N) og fosfor (P) bidrager til eutrofieringen i vandmiljøet. Potentiel udvaskning af nitrat og fosfat er i denne rapport defineret som årlig transport af N og P ned under rodzonen. Ammoniakfordampning og nitrogenoxider bidrager ligeledes til eutrofieringen, primært i de terrestriske økosystemer. Eutrofieringspotentialet (EP) angives i  $\text{NO}_3$ -ækvivalenter.

**Tabel 5.** Karakteriseringsfaktorer og bidrag til potentiel eutrofiering (EPD, 2013)

Potentiel eutrofiering (EP)	$\text{NO}_3$ ækv., kg
kg $\text{NO}_3$	1
kg $\text{PO}_4$	10,45
kg $\text{NH}_3$	3,64
Kg $\text{NO}_x$	1,35

#### 4.5. Metode til beregning af påvirkning af biodiversitet

Biodiversitet kan defineres som mangfoldigheden inden for og mellem arterne og mellem økosystemer. Biodiversiteten kan blive påvirket af flere direkte og/eller indirekte faktorer. Kvantificering af tab af biodiversitet i LCA-studier kan gøres ved hjælp af indikatoren potential disappeared fraction (PDF) dvs. den potentielt forsvundne fraktion af biodiversitet ved dyrkning af afgrøden (Knudsen et al., 2017).

##### *Dansk og europæiske dyrket foder*

Metoden til at kvantificere ændringer i biodiversiteten på det dyrkede areal er udviklet og dokumenteret af Knudsen et al. (2017) med udgangspunkt i arbejdet af De Schryver et al. (2010) i UK. Påvirkning af biodiversiteten beregnes på afgrødeniveau og estimerer det potentielle tab af plantearter i en mark sammenlignet med hvis der i stedet var naturlig vegetation. Under danske forhold vil dette være naturlig skov. Antallet af plantearter bruges som en indikator for den generelle biodiversitet ud fra, at der i tidligere studier er fundet at være et sådan forhold mellem antallet af plantearter og associeret biodiversitet.

De vigtigste forskelle i påvirkning af biodiversitet er, om det er etårige (f.x. majs og korn) eller flerårige afgrøder (f.x. græs), og om afgrøden er økologisk eller konventionelt dyrket. I tabel 6 er givet karakteriseringsfaktorer (PDF) for virkningerne af arealanvendelsen på biodiversiteten (Knudsen et al., 2017). I konventionelle etårige afgrøder blev antallet af plantearter per arealenhed fundet at være 6 arter i forhold til 20 arter i naturskov. Det betyder, at 14 arter eller 68 % af plantearterne er forsvundet sammenlignet med naturlig vegetation. Derved bliver PDF for konventionelle etårige afgrøder +0,68 (positiv tal fordi det er et biodiversitetstab, der angives). Omvendt er der i vedvarende økologiske græsmarker og naturgræsmarker 34 % flere arter sammenlignet med naturlig skov, dvs. PDF er -0,34.

**Tabel 6.** Biodiversitets tab (PDF) i europæiske dyrkede afgrøder (Knudsen et al., 2017).

Afgrøde	System	PDF
1 årig afgrøde, ikke græs	Konventionel	0,68
	Økologisk	0,29
Naturskov i EU		0,00
Sædskiftekløvergræs	Konventionel	0,09
	Økologisk	- 0,12
Vedvarende græs	Konventionel	- 0,23
	Økologisk	- 0,34
Naturgræs		-0,34

### *Importeret foder (fra lande uden for Europa)*

For foder importeret fra lande uden for Europa er det valgt at anvende samme faktor for potentielt biodiversitetstab som for 1-årige konventionelle europæiske afgrøder. Anvendelse af dette PDF estimat på 0,68 (dvs. 68% færre plantearter end i naturskov) er baseret på studier af De Baan et al. (2013), der finder PDF estimater for 1-årige konventionelle afgrøder på 0,76 i tempererede områder og 0,54-0,65 i tropiske områder. Tilsvarende finder Muller et al. (2014) PDF estimater på 0,60 i tempererede områder og 0,81 i tropiske områder.

## **4.6. Standard LCA tal for handelsgødning, energi og transport**

Der er flere tilgængelige databaser samt litteraturkilder med tal for miljøbelastningen fra at producere input som handelsgødning, energi, transport mm. (Agri-Footprint, Ecoinvent, m.fl.). Hvilket standardtal man vælger kan i nogle tilfælde påvirke resultatet i større eller mindre grad. I det følgende gennemgås, hvilke referencer, der er anvendt i dette studie.

### **4.6.1. Handelsgødning**

I nedenstående tabel 7 ses hvilke typer N-handelsgødning, der anvendes i Danmark og EU. Ifølge begge danske opgørelser (IFA, 2012 citeret fra Dalgaard & Smidt, 2012 samt Plantedirektoratet, 2010) er langt den hyppigste anvendte type N-gødning; CAN (Calcium ammonium nitrat). Overslagberegninger viser, at fejlen ved at antage, at al N fra handelsgødning brugt i Danmark er CAN er begrænset. Det har langt større betydning, hvilken database, der anvendes som reference for denne type gødnings miljøbelastning (se afsnit 7.2). I dette studie benyttes AgriFootprint databasen mht. standard LCA værdier for N-gødning. Denne værdi ligger på et gennemsnitlig niveau i forhold til andre værdier i litteraturen, der spænder fra 3,1 kg CO<sub>2</sub>-ækv. per kg N (Yara, 2014) til 8,7 kg CO<sub>2</sub>-ækv. per kg N (Ecoinvent, 2013). For P og K gødning anvendes tal fra Ecoinvent (2013). I alle tilfælde er de anvendte tal baseret på data fra flere europæiske fabrikker, og disse tal anvendes derfor for al gødning anvendt til foder produceret i Europa.



**Tabel 7.** Andelen af anvendte typer af N-handelsgødning i Danmark og EU, %

N gødningstype		DK	DK	EU
Reference		IFA (2012) <sup>1)</sup>	Plantedir., (2010) <sup>2)</sup>	IFA (2012) <sup>1)</sup>
Ammonia	Ammonia, (NH <sub>3</sub> )	4,9	4,0	0
Urea	Urea	7,8	0,6	26,6
AN	Ammonium nitrate	10,8	4,9	30,9
CAN	Calcium ammonium nitrate	73,5	60,8	36,9
AS	Ammonium sulphate	2,9	1,9	5,4
NPK og andet		0	27,8	0
Total		100	100	100

1) Citeret fra Dalgaard & Smidt (2012)

2) Citeret fra Mikkelsen et al., 2011

**Tabel 8.** Anvendte LCA værdier for miljøbelastningen fra produktion af handelsgødning og kalk

Næringsstof (FU)	Database/Reference	Specifikation af gødningstype	Miljøbelastningen		
			CF, kg CO <sub>2</sub> ækv.	EP, kg NO <sub>3</sub> ækv.	NRE MJ
Kvælstof, FU=1 kg N	Agri-footprint, 2015	Calcium ammonium nitrate (CAN), (NPK 26.5-0-0), at regional storehouse/RER Economic <sup>1)</sup>	6,6	0,22	43,6
Fosfor, FU=1 kg P	Ecoinvent3, (2013)	Diamonium superphosphate, as P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , at regional storehouse/RER U <sup>2)</sup>	3,6	0,29	55,7
Kalium, FU=1 kg K	Ecoinvent3, (2013)	Potassium clorid, as K <sub>2</sub> O, at regional storehouse/RER U	0,7	0,01	8,1
Kalk, FU=1 kg CaCO <sub>3</sub>	Agri-footprint, 2015	Lime (CaCO <sub>3</sub> )	0,03	0,001*10 <sup>-3</sup>	0,7

1) Værdi for CAN-gødning anvendt i Europa, i dette tal indgår et generelt bidrag til transport (3750 km med lastbil >20t)

2) Gns. fra flere fabrikker i Europa, 1 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 62/142 kg P

## 4.6.2. Energi

I tabel 9 er vist værdier for miljøbelastningen fra forskellige typer energi. Miljøbelastningen ved brug af elektricitet er i denne rapport baseret på nationale værdier, da der er stor variation mellem lande i hvilke energikilder, de bruger til at producere elektricitet. I Ecoinvent3 (2013) er der værdier for et gennemsnitligt mix af kilder til elproduktionen fra de enkelte lande. I Danmark bestod energikilderne til elproduktionen i perioden 2008 til 2013 af et mix af kul, naturgas, vindkraft og import, og det gennemsnitlige el-mix har et klimaftryk på 561 g CO<sub>2</sub>/kWh.

**Tabel 9.** LCAværdier for miljøbelastningen fra forskellige typer energi- og vandforbrug

Type energi	FU	Database/ Reference	Specifikation	Miljøbelastningen		
				CF, kg CO <sub>2</sub> ækv.	EP, g NO <sub>3</sub> ækv.	NRE, MJ
Diesel <sup>1)</sup>	1 liter	Agrifoot- print, 2015	Energy from diesel burned in ma- chinery, RER economic	2,82	33,84	39,78
Varme <sup>2)</sup>	MJ					
	Naturgas	Ecoinvent 3, 2013	Heat district or industri, natural gas, EU without schweizerland	0,07	0,15	1,23
	Olie og andet	Ecoinvent 3, 2013	Heat district or industri, OTHER THAN natural gas, EU without schweizerland dvs også olie	0,09	0,20	1,43
	Kul	Ecoinvent 3, 2013	Heat district..., heat prod at hard coal	0,14	1,89	1,15
Elektricitet <sup>3)</sup>	KWh					
	DK	Ecoinvent 3, 2013	Electricity mix/DK U <sup>4)</sup>	0,56	6,42	7,96
	DE	Ecoinvent 3, 2013	Electricity mix/DE U <sup>5)</sup>	0,64	26,59	10,74
	RO	Ecoinvent 3, 2013	Electricity mix/RO U <sup>6)</sup>	0,65	33,26	9,03
	BR	Ecoinvent 3, 2013	Electricity mix/BR U <sup>7)</sup>	0,21	0,66	1,46
	SE	Ecoinvent 3, 2013	Electricity mix/SE U <sup>8)</sup>	0,08	1,51	6,88
	MY	Agrifoot- print, 2015	Electricity mix/ AC, at consumer MY <sup>9)</sup>	1,07	2,79	16,73
	ID	Agrifoot- print, 2015	Electricity mix/ AC, at consumer ID <sup>10)</sup>	1,04	3,02	15,47
	EU	Agrifoot- print, 2015	Electricity mix, AC, consumption mix, at consumer	0,59	1,75	5,04
Vand	1000 liter	Ecoinvent 3, 2013		0,36	0,008	5,66

1) 1 l diesel = 35,2 MJ (0,85 kg/l diesel)

2) Varme fra forskellige kilder: 1 l olie = 38,7 MJ, 1 kg kul=25,0 MJ

3) El (1 kWh = 3,6 MJ) er angivet for mix af kilder i de enkelte lande:

4) DK el mix er baseret på 37,2% kul, 20,0 % naturgas, 14,0% vindkraft, 8% import fra Sverige, 7% import fra Tyskland, 3% import fra Norge, 3% oliebaseret (2008-13)

5) Tysk el mix er baseret på: 25% kernekraft, 23% brunkul, 21% kul, 9% naturgas

6) Rumænsk el er baseret på: 35% brunkul, 30% vandkraft, 18% naturgas, 9% kernekraft

7) Brasiliansk strøm er baseret på: 40,5% vandkraft, 35,3% gas, 8% kul, 5% biomasse, 6% kernekraft, 5% vind (Smidt & Dalggaard, 2012)

8) Svensk strøm er baseret på: 46% kernekraft, 36% vandkraft, 4% træ, 7% import fra Finland, Danmark, Norge og Polen (Ecoinvent 3, 2013)

9) Strøm fra Malaysia er baseret på: 45% naturgas, 41% kul, 6% vandkraft, 8% olie og diesel (Agrifootprint)

10) Strøm fra Indonesien er baseret på: 44% kul, 20% naturgas, 7% vandkraft, 23,2% olie og diesel (Agrifootprint)

Mht. miljøbelastning fra forbrug af varme differentieres afhængig af kilden til varme, naturgas, andet herunder olie eller kul. Her kender man ikke på samme måde sammensætningen af energikilder i de enkelte lande. De anvendte standardreferencer for varme er et klimaaftryk på 66 g CO<sub>2</sub>-ækv./MJ fra naturgas, 93 g CO<sub>2</sub>-ækv./MJ fra andre kilder fx olie og 143 g CO<sub>2</sub>-ækv./MJ for kulbaseret varme (Ecoinvent3, 2013). Det er især ved fremstilling af biprodukter, at der anvendes varme. Mht. varmekilde er der taget udgangspunkt i den varmekilde, der anvendes i referencerne i dokumentationen for forarbejdningsdata. Den altovervejende type varmekilde anvendt i Agri-footprint data er naturgas, der har en lav miljøbelastning sammenlignet med olie og kul.

Miljøbelastningen for diesel inkluderer både selve produktionen af diesel samt afbrændingen heraf. Endelig er også vist energiforbruget til tapning af vandhanevand.

### 4.6.3. Transport

Den funktionelle enhed til opgørelse af miljøbelastningen fra transport er tkm, dvs 1 km (afstanden) transport af 1 ton varer (mængden).

Standard LCA værdier for lastbiltransport er baseret på Agri-footprint databasen. Der kan vælges mellem 3 forskellige størrelse lastbil; >20 t, 10-20 t og < 10 t. Der er antaget 50 % fyldning (50%LF). Mht. hjemtransport indgår der et bidrag svarende til 20 % af størrelsen af bidraget fra udturen. Mht. teknologi og forureningsniveau for lastbiler er valgt EURO4, hvilket er 2. højeste ud af 5 niveauer i alt. Standard LCA værdier for skibs-transport er ligeledes baseret på Agri-footprint databasen. Der er antaget 80% fyldning (80%LF) på udturen. Mht. hjemtransport indgår der et bidrag svarende til 20% af størrelsen af bidraget fra udturen.

**Tabel 10.** LCAværdier for miljøbelastningen fra transport, per tkm

Transport	Type	Database/ Reference	Specifikation	Miljøbelastningen		
				CF, kg CO <sub>2</sub> ækv.	EP, g NO <sub>3</sub> ækv.	NRE, MJ
<b>Lastbil</b>						
	Stor, >20 t	Agri-footprint, 2015	Transport, truck >20t, EURO4, 50%LF, default/GLO Economic	100	1,14	1,43
	Mellem, 10-20 t	Agri-footprint, 2015	Transport, truck 10-20t, EURO4, 50%LF, default, GLO Economic	254	3,39	3,62
	Lille, <10 t	Agri-footprint, 2015	Transport, truck <10t, EURO4, 50%LF, default/GLO Economic	370	4,41	5,30
<b>Fragttog</b>						
	Europa	Ecoinvent 3, 2013	Transport, freight train {Europe without Switzerland}   market for   Alloc Def, U	52	2,40	0,85
	Resten af verden	Ecoinvent 3, 2013	Transport, freight train {RoW}   market for   Alloc Def, U	47	1,04	0,65
<b>Skib</b>						
	Oversøisk	Agri-footprint, 2015	Transport, barge ship, bulk, 12000t, 80%LF, default/GLO Economic	11	0,19	0,15
	Indlandsk	Agri-footprint, 2015	Transport, barge ship, bulk, 350t, 80%LF, default/GLO Economic	45	0,79	0,64
	Europæisk <sup>1)</sup>	Agri-footprint, 2015	Transport, barge ship, bulk, 1350t, 80%LF, default/GLO Economic	41	0,72	0,59

1) Antaget skibsstørrelse ved sejlads mellem lande i Europa

## 5. Input data – foder

### 5.1. Oprindelseslande og transport af foder

#### 5.1.1. Transport af foder

For at estimere transport knyttet til dansk dyrkede afgrøder anvendt på kvægbrug og transport fra foderfabrik til kvægbrug, er der set på kvægbedriftenes beliggenhed i forhold til, hvor de danske afgrøder dyrkes og beliggenhed af kvægfoderstoffabrikkerne. Herudover er der set på transport af udenlandsk dyrket foder såvel til Danmark som internt i Danmark. For det importerede foder er transportbidraget opdelt i transport fra primærproducent hen til foderfabrikken, samt den videre transport herfra og til landmanden i Danmark. For hvert land, hvorfra der importeres foder til Danmark defineres en typisk transportvej til Danmark. Transportafstanden estimeres og der anvendes standardtal for miljøbelastningen for denne transport.

#### *Transport af hjemmeavlet grovfoder og lokalt korn*

Til den geografiske beskrivelse af kvægbedriftenes placering, er Danmark opdelt i landsdele, hvor hovedstaden, det øvrige Sjælland og Bornholm er samlet under østlige øer. Som det ses i Tabel 11 er kvæg mest udbredt i Syd-, Vest- og Nordjylland med 82 % af malkekøerne i Danmark placeret i disse tre områder.

**Tabel 11.** Geografisk placering af malkekøer i Danmark, samt belægningsgrad dels som køer pr ha landbrugsareal i regionen og dels som køer pr ha på kvægbrug (Danmarks Statistik 2017, data fra 2014)

	Malkekøer, stk	Køer, %	Køer pr ha landbrugsareal i regionen	Køer pr ha på kvægbrug
Østlige øer <sup>1)</sup>	29.719	5	0,05	1,01
Fyn	31.352	6	0,12	0,94
Sønderjylland	199.453	36	0,37	1,16
Østjylland	38.863	7	0,10	0,87
Vestjylland	124.531	22	0,29	1,00
Nordjylland	132.011	24	0,27	1,13
Hele landet	555.929	100	0,21	1,07

1) Hovedstaden, det øvrige Sjælland, Lolland, Falster og Bornholm

Der er et klart sammenfald mellem den geografiske placering af kvægbedrifter og dyrkning af majs (tabel 12). For græs og kløver er sammenhængen lidt lavere, mens det er tydeligt, at dyrkning af korn fordelt på regioner ikke følger den geografiske fordeling af kvæg.

**Tabel 12.** Dyrkning af forskellige afgrøder fordelt på landsdele, % (Danmarks Statistik 2017, data fra 2014)

	Korn, modenhed	Majs til opfodring	Korn og bælgsgød til ensilering	Græs- og kløver i omdrift	Vedv græs
Østlige øer	24	5	3	10	18
Fyn	11	6	3	4	7
Sønder Jylland	17	43	33	29	20
Øst	17	7	6	10	14
Vest	14	22	26	22	18
Nord	17	18	28	24	22
Hele landet	100	100	100	100	100

Da der geografisk er overensstemmelse mellem udbredelse af kvæg og dyrkning af grovfoder, er der i beregningerne for dyrkning af grovfoder antaget, at det dyrkes på kvægbedriften og der er indregnet en transport på 3 km i dieselforbruget til dyrkning.

Det antages, at det korn, der opfodres på kvægbedriften enten er hjemmeavlet med en antaget transport på 3 km eller dansk korn. Ud fra gennemsnittal for kornforbrug på kvægbedrifterne og det danske kornareal er det teoretisk muligt, at Danmark har en selvforsyningsgrad på 100% dansk korn (Kristensen, 2015). Der er dog kun en mindre andel af den danske kornproduktion i de kvægrige områder (Tabel 12), så det vil sjældent være hjemmeavlet korn, der fodres med på kvægbedrifterne.

**Tabel 13.** Transport af hjemmeavlet korn og grovfoder

Afgrøde	Typisk transportvej og afstand	Miljøbelastning herfra
Grovfoder, hjemmeavlet	Transport på 3 km med traktor og vogn	Indgår i dieselforbrug til dyrkning af afgrøden
Korn, hjemmeavlet	Transport på 3 km med traktor og vogn	Indgår i dieselforbrug til dyrkning af afgrøden
Dansk korn	I alt 133 km til foderstof, og herfra til kvægbedrift med lastbil (mellemstr.)	Selvstændigt bidrag

#### Danske indkøbte fodermidler

For nedenstående danske fodermidler, er det antaget, at de leveres direkte fra producent til landmanden ud fra nedenstående antagelser.

For **HP-pulp** er det antaget, at den producerede mængde fra sukkerfabrikkerne i Nakskov og Nykøbing Falster anvendes til køer på hhv. Sjælland, Fyn og Sydjylland. Det giver en gennemsnitlig afstand på 275 km fra producent til kvægbedriften.

**Melasse** fra sukkerfabrikkerne i Nakskov og Nykøbing Falster er antaget fragtet med skib til Århus, og herefter videre ud til kvægbrugerne i Jylland. Der er antaget en afstand på 200 km som et middeltal mellem afstanden i fugleflugt (159 km) mellem Århus og Nakskov og afstanden ad landevejen (235 km). Fra Århus havn ud til kvægbedrifter i Jylland er der antaget at være 133 km (se beregning af denne afstand under import af foder).

**Korn – dansk produceret** dyrket på ikke kvægbrug – er ud fra fordeling af kornarealet i DK antaget dyrket i Østjylland eller på de østlige øer. Derfor er det antaget, at det som udgangspunkt kommer fra Århus. Fra Århus ud til kvægbedrifter i Jylland er der antaget at være 133 km (se beregning af denne afstand under import af foder).

For **Mask** er der antaget en fast afstand på 40 km fra producent til landmand. Mask er et ikke stabilt produkt, der kun har en holdbarhed hos kvægbrugeren på 3-4 dage, hvorfor forbruget må antages at være ret lokalt (Anonym, 2015c).

**Rapskage** produceres på tre rapsmøller i Danmark: Emmelev i Otterup på Fyn, Danish Agros Scanola raps på Århus Havn og Dlg Danraps i Dronninglund. Ud fra disse placeringer og kvægbrugenes placering antages der at være 168 km transport fra mølle til landmand (Mogensen et al., 2011).

I 2011 var der 3 løntørrerier i Danmark, der producerede **grønpiller**. På baggrund af interview med disse er der antaget en transport på 134 km fra tørreri til landmand (Mogensen et al., 2011)

**Table 14.** Transport og miljøbidrag herfra for hjemmeavl og danskproduceret foder, per kg TS.

	Afstand, km	Hvordan	Miljøbelastningen		
			CF, g CO <sub>2</sub> -ækv.	NRE, MJ	EP, g NO <sub>3</sub> -ækv.
Korn og grovfoder, hjemmeavlet	3	Traktor	Indgår i dieselforbrug til afgrøden		
Korn, dansk	133	Stor lastbil (>20 t)	15	0,22	0,18
Pulp, frisk	275	Stor lastbil (>20 t)	125	1,78	1,42
HP-pulp, dansk	275	Stor lastbil (>20 t)	102	1,45	1,16
Melasse, dansk	133 + 200	Stor lastbil (>20 t) + skib	30	0,43	0,42
Roepiller, dansk	133 + 200	Stor lastbil (>20 t) + skib	25	0,36	0,35
Mask frisk, dansk	40	Mellem lastbil (10-20 t)	16	0,23	0,19
Mask tørret, dansk	40	Mellem lastbil (10-20 t)	4	0,06	0,05
Rapskage, dansk	168	Stor lastbil (>20 t)	18	0,26	0,21
Grønpiller, dansk	133	Stor lastbil (>20 t)	14	0,21	0,16

#### *Transport af andet indkøbt foder, herunder importeret foder*

Transport udgør en mindre del af prisen på foder, hvorfor der ikke vil være nogen direkte sammenhæng mellem korteste transport og den faktiske transport. Omfanget af faktiske transport indenfor sektoren kendes ikke, og det er ikke muligt på nuværende tidspunkt at få et samlet overblik over beliggenhed af kvægfoderfabrikker. I det følgende er der redegjort for anvendte antagelser dels om transport af indkøbt foder og importeret foder i Danmark og dels om transport til Danmark, hvor de typiske transportveje hertil fra de forskellige lande er beskrevet.

#### *Kraftfoderfabrikker i Danmark*

Foderstofselskaber, der producerer kvægfoder i Danmark er bl.a. Dlg, Danish Agro, Brdr. Ewers, Møllerup Mølle, Himmerlands Grovvarerforretning, ATR, og en række mindre selskaber (Refstrup, 2015). Foderstofselskaberne formidler dels salg af råvarer dels produktion og salg af foderblandinger. Ifølge Danmarks Statistik (2017) udgjorde den samlede produktion af kvægfoderblandinger i 2009 ca. 1,0 mio ton, svarende til ca. 1800 kg pr årsko. Sammenholdes det med et kraftfoderforbrug på ca. 2300 kg (Kristensen, 2015), svarer det til, at 78% af kraftfoderet er kvægblandinger, mens resten er råvarer. I Danmarks Statistik (2017) angives til sammenligning, at 33% af rapskageforbruget og 58% af sojaforbruget i 2014 blev anvendt som råvarer. Der er således behov for at knytte transport til såvel råvarer som kraftfoderblandinger.



### Transport i Danmark af det importerede foder

For det importerede foder er det antaget, at det ankommer med skib til Århus Havn – nogle partier vil komme til andre havne (Fredericia, Ålborg/Nørresundby, Kolding mv). Århus er valgt, dels fordi en betydelig del af importen faktisk ankommer her, dels fordi havnen er beliggende i centrum af de øvrige potentielle havne, og derfor kan antages at repræsentere alle havne i forhold til afstand til kvægområderne. Det antages, at der ikke er en direkte sammenhæng mellem havn og hvor i landet foderet anvendes.

De importerede råvarer antages transporteret direkte fra Århus havn ud til landmændene. Afstanden er regnet som afstand fra Århus Havn til centrum af hver af de 6 landsdele med kvæghold. Afstanden er vægтет med hvor stor en andel af det samlede koantal, der er i landsdelen, hvilket giver en gennemsnitlig afstand på 133 km (Tabel 15). Der er regnet med transport i lastbiler af 35 ton med en fyldning på 50%.

**Tabel 15.** Transport af importeret foder i Danmark

Landsdel	By midt i landsdel	Km fra Århus havn <sup>1)</sup>	% af køer <sup>2)</sup>	Km mellem nabolandsdele <sup>3)</sup>	% af køer
Nordjylland	Brønderslev	149	24		
Vestjylland	Holstebro	119	22	124	23
Østjylland	Silkeborg	44	7	73	15
Sønderjylland	Rødding	133	36	120	21
Fyn	Odense	146	6	105	21
Sjælland	Ringsted	243	5	103	6
Importerede råvarer <sup>4)</sup>	gns	133 km i stor lastbil			
Kraftfoderblandinger <sup>5)</sup>		133 km i stor lastbil		46 km i lille lastbil <sup>6)</sup>	

1) Afstand fra Århus havn til by midt i hver af de 6 landsdele,

2) Andel af de danske køer i landsdelen

3) Dvs. afstand fra centrum af denne landsdel til den ovenover

4) Fra ankomsthavn (Århus) direkte til bedriften

5) Fra ankomsthavn til fabrik og fra fabrik til landmand i nabolandsdel

6)  $92/2 = 46$ , ingen returlast

Kraftfoderblandingerne antages at være baseret på importerede råvarer. Kvægfoderfabrikkerne, der producerer kraftfoderblandingerne antages at være fordelt på samme måde (%vis) i landsdelene som køerne. Transporten fra kvægfoderfabrik til landmand antages at være i små lastbiler (10 ton) med en udnyttelse på 50% (ingen returlast). Afstanden fra kvægfoderfabrik til landmand antages at svare til halvdelen af afstanden til et kvægbrug i en "nabo" landsdel. Dette er beregnet som halvdelen af den gennemsnitlige afstand mellem byerne i de enkelte nabolandsdele, vægтет med det gennemsnitlige antal køer i de enkelte landsdel, hvilket giver 46 km (Tabel 15).

### 5.1.2. Oprindelseslande

For at kunne beregne bæredygtighedsbidrag fra transport af foder, må man kende oprindelseslandene for de enkelte fodermidler. Oprindelseslande for de importerede fodermidler, der indgår i projektet er beskrevet i nedenstående tabel, hovedsagelig baseret på data fra 2012 fra FAOStat og diverse oplysninger fra danske foderstoffirmaer.

**Table 16a.** Oprindelseslande for råvarer, FAOStat, 2012<sup>1)</sup>

Råvare	Oprindelseslande og import andel fra hvert land
<b>Korn og kornprodukter</b>	
Byg, hvede, tritiale og havre, Alt grovfoder inkl. roer	Danmark (100%)
(Rug)	Danmark (96%) Letland (2%) Tyskland (1%) Estland (0,5%) Litauen (0,5%)
Majs	Danmark (20%) <sup>2)</sup> Polen (34%) Frankrig (18%) Ukraine (8%) Ungarn (7%) Tyskland (7%) Italien (6%)
Majsgluten	USA (100%)
Kornbærme	Sverige (91%) <sup>3)</sup> Holland (6%) Tyskland (3%)
Hvedeklid	Tyskland (63%) Sverige (23%) Letland (14%)
Mask	Danmark (100%)
<b>Soja, solsikke og palme</b>	
Sojaskrå	Argentina (64%) Brazil (28%) USA (8%)
Sojaskaller <sup>4)</sup>	Argentina (64%) Brazil (28%) USA (8%)
Solsikkeskrå	Rusland (42%) Ukraine (35%) Estland (14%) Tyskland (5%) Litauen (4%)
Solsikkekage	Rusland (42%) Ukraine (35%) Estland (14%) Tyskland (5%) Litauen (4%)
Palmekage/ og -skrå	Indonesien (70%) Malaysia (30%)

1) 2012-tal fra FAOSTAT, korrigeret for mellemhandel i lande, der ikke producerer det pågældende produkt.

2) Majsareal i DK til modenhed ca. 8000 ha med et udbytte på ca. 58 hkg/ha

3) Al svensk kornbærme antages at være fra Linkjøbing i Sverige

4) Antages at have samme oprindelse som sojaskrå

**Table 16b.** Oprindelseslande for råvarer, FAOStat, 2012<sup>1)</sup>

Råvare	Oprindelseslande og import andel fra hvert land	
<b>Raps og rapsprodukter</b>		
Rapsfrø	Danmark	(70%)
	Australien	(12%)
	Litauen	(7%)
	Tyskland	(6%)
	Letland	(5%)
Rapsskrå	Tyskland	(52%)
	Rusland	(21%)
	Polen	(14%)
	Litauen	(13%)
Rapskage	Danmark	(70%)
	Tyskland	(14%)
	Rusland	(6%)
	Polen	(4%)
	Litauen	(4%)
<b>Roer og roeprodukter</b>		
Roepiller	Danmark	(53%)
	Rusland	(24%)
	Tyskland	(8%)
	Holland	(8%)
	Egypten	(7%)
HP-pulp	Danmark	(100%) <sup>2)</sup>
Melasse <sup>3)</sup>	Danmark	(10%)
	Indien	(36%)
	Rusland	(34%)
	Ukraine	(16%)
	Egypten	(4%)
<b>Vegetabilsk fedt</b>		
Forsæbet fedt <sup>4)</sup>	Indonesien	(70%)
	Malaysia	(30%)
Mættet fedt <sup>5)</sup>	Indonesien	(70%)
	Malaysia	(30%)
<b>Andre bi-produkter</b>		
Grønpiller	Danmark	(20%)
	Frankrig	(27%)
	Polen	(27%)
	Spanien	(26%)
Citruskvas	Argentina	(63%)
	Mexico	(25%)
	Brasilien	(12%)

1) Baseret p å 2012-tal fra FAOSTAT – og korrigeret for mellemhandel i lande, der ikke producerer det pågældende produkt

2) HP-pulp fra sukeroefabrikkerne

3) I føle FAOstat er 55% af melassen af DK oprindelse, ifølge NordZucker (pers. med. 1/4/16) er det kun ca. 10%

4) Af palmeoliefedtsyrer PFAD 85%, 15% kalcium)

5) Af veg. råvarer hovedsagelig palmeoile

### 5.1.3. Transportveje fra lande hvorfra der importeres – effekt på bæredygtighed

Transport fra det land, hvor foderet er produceret til Danmark beregnes for hvert importeret foderemne ud fra den portefolie af producentlande, der importeret fra (tabel 16) og en standard transportvej fra hvert land til Danmark, se tabel 17. Der er kun givet én transportvej per land, men der er skelet til, hvilke fodermidler vi importerer fra landet og hvor i landet, de forventes at være produceret.

**Tabel 17a.** Transportveje og miljøbelastningen per kg foder fra transport til Danmark

Land	Afstand <sup>1)</sup>	Hvordan	Bidrag til bæredygtighedsværdier per kg foder		
			CF, g CO <sub>2</sub> -ækv.	NRE, MJ	EP, g NO <sub>3</sub> -ækv.
Sverige <sup>2)</sup>	300 km 278 km	Lastbil (Linköping-Göteborg) Skib (Göteborg-Århus)	55	0,78	0,69
Tyskland	650 km	Lastbil (Kassel-Århus)	78	1,12	0,89
Holland	100 km 1015 km	Lastbil (til Amsterdam) Skib (Amsterdam-Århus)	65	0,93	1,00
Frankrig	450 km 1430 km	Lastbil (til Le Havre) Skib (Le Havre-Århus)	117	1,67	1,69
Spanien	450 km 2335 km	Lastbil (til Gijón) Skib (Gijón-Århus)	154	2,20	2,35
Italien	250 km 5310 km	Lastbil (til Naples) Skib (Naples-Århus)	256	3,65	4,27
Ungarn	650 km 6373 km	Lastbil (Budapest-Zadar) Skib (Zadar-Århus)	340	4,85	5,49
Letland	170 km 1085 km	Lastbil (til Riga) Skib (Riga-Århus)	75	1,07	1,13
Estland	150 km 1185 km	Lastbil (til Tallinn) Skib (Tallinn-Århus)	77	1,10	1,18
Litauen	230 km 1085 km	Lastbil (til Riga) Skib (Riga-Århus)	81	1,15	1,20
Polen	340 km 702 km	Lastbil (til Gdansk) Skib (Gdansk-Århus)	76	1,09	1,04
Ukraine	500 km 800 km 702 km	Lastbil+ Tog (til Gdansk) Skib (Gdansk-Århus)	134	1,99	3,15
Rusland <sup>3)</sup>	500 km 1000 km 1085 km	Lastbil + Tog (til Riga) Skib (Riga-Århus)	160	2,39	3,91

**Tabel 17b.** Typiske transportveje og miljøbelastningen per kg foder fra transport til Danmark

Land	Afstand <sup>1)</sup>	Hvordan	Bidrag til bæredygtighedsværdier per kg foder		
			CF, g CO <sub>2</sub> -ækv.	NRE, MJ	EP, g NO <sub>3</sub> -ækv.
USA <sup>4)</sup>	600 km	Lastbil +	251	3,52	4,22
	1300 km	Tog (til Norfolk)			
	6569 km	Skib (Norfolk-Rotterdam)			
	1082 km	Skib (Rotterdam-Århus)			
Mexico	800 km	Lastbil (til Veracruz)	242	3,40	3,64
	9452 km	Skib (Veracruz-Rotterdam)			
	1082 km	Skib (Rotterdam-Århus)			
Argentina <sup>5)</sup>	700 km	Lastbil (til Buenos Aires)	257	3,61	3,96
	11744 km	Skib (Buenos Aires-Rotterdam)			
	1082 km	Skib (Rotterdam-Århus)			
Brasilien <sup>6)</sup>	1200 km	Lastbil (til Santos)	288	4,06	4,21
	10056 km	Skib (Santos-Rotterdam)			
	1082 km	Skib (Rotterdam-Århus)			
Indonesien	900 km	Lastbil (til Balikpapan)	337	4,73	5,23
	17229 km	Skib (Balikpapan-Rotterdam)			
	1082 km	Skib (Rotterdam-Århus)			
Malaysia	400 km	Lastbil (til Miri)	323	4,53	4,75
	16536 km	Skib (Miri-Rotterdam)			
	880 km	Lastbil (Rotterdam-Århus via Fyn) <sup>7)</sup>			
Australien	500 km	Lastbil til Perth	303	4,23	4,87
	17733 km	Skib (Perth-Rotterdam)			
	1082 km	Skib (Rotterdam-Århus)			

1) Afstande er beregnet vha. <http://www.sea-distances.org/> samt <https://www.google.dk/maps>. Fra importland til Århus havn

2) Kornbærme fra ethanolfabrik i Linköbing.

3) Primært melasse og roepiller fra sukkerindustrien i Centralrusland og Volga (fra Ukraine i vest til Volgafloeden i øst samt i Sydrusland (FAO, 2013) plus solskikkeskrå og -kage fra Nordkaukasiske Distrikt (ca. 60%), men fra Centralrusland og Volga (FAO, 2010).

4) Primært majs gluten fra majs bæltet i USA.

5) Sojaskrå, der primært dyrkes og produceres i Pampas-regionen.

6) Sojaskrå, der primært dyrkes og produceres i Staterne Mato Grosso, Paraná og Goiás.

7) Ekstra transportbidrag pga termotransport af fedt ikke indregnet

## 5.2. Hjemmeavlet grovfoder og andet dansk produceret foder

Grovfoderet antages dyrket på kvægbrug med en jordtype svarende til den gennemsnitlige jordtype for danske kvægbrug. Korn- og raps antages dyrket på danske bedrifter, der ikke er kvægbrug, igen på en gennemsnitlig jordtype for disse bedrifter.

### 5.2.1. Afgrødeudbytter

De anvendte grovfoderudbytter er hovedsaglig baseret på en opgørelse af Kristensen (2015), mens de anvendte korn- og rapsudbytter er baseret på data fra Danmark Statistik (for perioden 2004-2014).

#### *Grovfoderudbytter*

Det gennemsnitlige nationale grovfoderudbytte i 2014 var 6730 FE per ha, hvis både sædskifte og vedvarende arealer indgår, og tilsvarende 8252 FE pr ha, hvis kun sædskiftearealet indgår (Kristensen, 2015) baseret på data fra Danmarks Statistik (2017). I tidligere opgørelser på konventionelle kvægbrug baseret på beregnet foderbehov i besætningen fratrukket forbrug af tilskuds foder er der fundet lavere udbytter på grovfoderarealerne i Danmark. Således var udbytterne hhv. 6831 og 7379 FE/ha grovfoder med/uden indregning af de vedvarende arealer (Kristensen, 2015). Disse udbytter er nettoudbytter, dvs. udfodret mængde modsat de opgjorte fra Danmarks Statistik (2017), der er udbytte ved høst.

Der foreligger ikke nogen større opgørelse af nettoudbytter i de enkelte af grøder under praktiske forhold, men Kristensen (2015) lavede en beregning baseret på bedriftens estimerede totale grovfoderudbytte og arealet med de forskellige afgrøder. Kristensen (2015) konkluderede, at de beregnede nettoudbytterne i tabel 18 er i rimelig overensstemmelse med de danske normudbytter (Anonym, 2012).

**Tabel 18.** Estimerer for nettoudbytter i grovfoder (2007-2011), (Kristensen, 2015)

Afgrøde	Nettoudbytte, FE pr ha
Sædskiftegræs	6407
Majs	8513
Andet	6679
Helsæd	4468
Vedvarende græs	1783

I tabel 19 er vist de anvendte nettoudbytter i denne rapport sammenholdt med de beregnede normudbytter (Anonym, 2014) ved den gennemsnitlige jordtype på kvægbrug (Appendix 4).

Det anvendte kløvergræsudbytte tager udgangspunkt i de 6407 FE/ha fundet af Kristensen (2015) for sædskiftegræs generelt. Kløvergræs adskilles i to forskellige fodermidler, som hhv. 100% afgræsses eller 100% anvendes til slæt. Udbyttet ved afgræsning er i praksis fundet at være op til 20% lavere end ved slæt. I denne rapport antages denne forskel at være 10%, således sættes udbyttet i 'Kløvergræs til slæt' til 6727 FE og 6087 FE/ha for 'Kløvergræs til afgræsning'. Udbyttet i rene græsmarker er antaget at være større end ved kløvergræs, da der er en højere gødningstildeling ifølge gødningsnormerne. Det estimerede græsudbytte er baseret på denne forskel i gødningsinput og et gødningsrespons på 10 FE/kg N (Søgaard, 1988), hvilket giver 7567 FE/ha i græsudbytte. I normerne skelnes der ikke mellem græs til slæt og til afgræsning.

For majshelsæd er koblingen mellem afgrøde og foder entydig, da hele afgrøden antages høstet i et slæt og udnyttet til ensilage. Udbyttet (FE) i kolbemajs til ensilage er antaget at være 75% af det i majs til helsædsensilage (Mikkelsen, 2010). For roer antages det, at udbyttet af top efterlades på jorden. Det angivne udbytte er således udbytte i rod.

**Table 19.** Anvendte nettoudbytter for grovfoder sammenlignet med normudbytter per jordtype og for gennemsnitligt jordtype på kvægbrug, FE pr ha

Afgørde	Anvendelse	Normudbytte, FE / ha <sup>1)</sup>					Anvendte nettoudbytter FE/ha
	Jord-kategori	Uvandet grovsand	Uvandet finsand	Vandet grovsand	Sand-blandet lerjord	Vægtet gns.	
	Andel kvægbrug, % <sup>2)</sup>	23	31	24	22		
Majs	Ensilage	9700	9700	10700	10600	10138	8513
	Kolbemajsens	9700	9700	10700	10600	7604	6385
Vårbyg	Ensilage	4600	5400	6000	6900	5690	4800
Kløver græs <sup>3)</sup>	Ensilage	6455	6660	7275	6967	6828	6727
	Afgræsset	5164	5328	5820	5574	5462	6087
Græs	Ensilage	7480	7992	9631	8504	8380	7567
Vedv. Græs	Afgræsset	1800	1800	1800	1800	1800	1800
Naturgræs	Afgræsset						500
Roer	Modenhed	9000	12200	12200	13200	11634	12010

1) Anonym, 2014

2) Se appendix 4

3) < 50% kløver



### Korn og rapsudbytter

I tabel 20 er vist de anvendte nettoudbytter for korn og rapsprodukter baseret på udbytter fra Danmarks Statistik for perioden 2007-11. Disse er sammenholdt med beregnede normudbytte for den gennemsnitlige jordtype på ikke-kvægbrug i Danmark (Appendix 4). Når udbytterne fra Danmarks Statistik (2017) er lidt højere for vinterhvede (11% højere), vinterraps (4%) og vårbyg (5%) skyldes det, at fx vinterhvede typisk dyrkes på de lidt bedre jorde, mens der i de vægtede normudbytter er antaget en jævn fordeling af alle afgrøder på de eksisterende jordtyper på ikke-kvægbrug. Omvendt for havre, rug og triticale dyrkes de oftere på de lidt lettere jorde.

I hvede og byg sættes halmudbyttet til 55% af kornudbytte, og rapshalmudbyttet til 90% af frøudbytte (Pedersen et al., 1996). I rug antages halmudbyttet at være 80% af kerneudbyttet og i triticale, som er en krydsning af hvede og rug antages det at være 65% (Kristensen, I.S., 2015 pers com).

**Tabel 20.** Anvendte nettoudbytter for korn og raps sammenholdt med et beregnet vægtet normudbytte fra en gennemsnitlig jordtype for konventionelle ikke-kvægbrug, kg pr ha

Afgrøde	Normudbytte <sup>2)</sup> , kg /ha					Anvendt nettoudbytte <sup>1)</sup> , kg/ha
	Uvandet grovsand	Uvandet finsand	Vandet grovsand	Sandblandet lerjord	Vægtet gennemsnit	
Andel jordtype,% <sup>3)</sup>	27	28	9	36		
Byg (vår)	4000	4700	5200	5900	4962	5165
Hvede (vinter)	4900	6300	6700	8100	6573	7282
Havre (vår)	4300	5000	5500	5600	5044	4671
Rug (vinter)	4400	5700	5600	6900	5744	5235
Triticale (vinter)	4400	5600	5600	6400	5535	5153
Raps (vinter)	2700	3500	3500	4000	3446	3632

1) Baseret på Danmarks Statistik (2017), data fra 2007-11

2) Anonym 2014

3) Appendix 4

Foderkvalitet og indhold af protein i afgrøde og bi-produkter, baseret på analyseresultater er vist i tabel 21 og 22. For afgræsset vedvarende græs er proteinindholdet generelt lavere i analyserne end i fodermiddeltabellernes værdier (Møller et al., 2005, NorFor, 2017). Tilsvarende ses lavere råproteinindhold i kornanalyserne fra praksis end de værdier, der fremgår af fodermiddeltabellen (Møller et al., 2005).

**Tabel 21. Foderkvaliteter og råproteinindhold i grovfoder**

Afgrøde	Anvendelse	Foderkvalitet, kg TS/FE <sup>1)</sup>	Råprotein, % af TS <sup>1)</sup>	Foderkode i tabel <sup>2)</sup>
Majs	Ensilage	1,16	7,9	592
	Kolbemajs ens <sup>3)</sup>	0,94	9,2	-
Vårbyg	Ensilage	1,37	10,6	583
Kløver græs < 50% kløver	Ensilage	1,20	16,5	524
	Afgræsset <sup>4)</sup>	1,05	21,0	424
Græs	Ensilage	1,20	16,5	564
Vedv. Græs	Afgræsset	1,39	14,5	458
Naturgræs <sup>5)</sup>	Afgræsset	1,39	14,5	458
Roer - rod	Modenhed	1,01	7,4	351
Roetop <sup>6)</sup>		1,16	16,4	353

1) Resultater fra 10 års Steins analyser i 2000-2011

2) Fodermiddeltabel (Møller et al., 2005)

3) Møller, J. 2007. Bilag Kvæg Kongres

4) Med 40% kløver, proteinindhold er fra Slætprognozen for frisk græs i 2015 (SEGES, 2015)

5) Som bedste estimat er samme værdier som for vedvarende græs anvendt

6) Antaget efterladt i marken

**Tabel 22. Foderkvaliteter (kg TS/FE) og råproteinindhold i korn og raps**

Afgrøde	Anvendelse	Foderkvalitet, kg TS/FE <sup>1)</sup>	Råprotein, % af TS <sup>2)</sup>	Foderkode i tabel <sup>1)</sup>
Byg (vår)	Kerne	0,90	10,8	201
Hvede (vinter)	Kerne	0,83	10,1	203
Havre (vår)	Kerne	1,09	9,7	202
Rug (vinter)	Kerne	0,85	9,2	207
Triticale (vinter)	Kerne	0,84	10,2	209
Raps (vinter)	Kerne	0,53	19,4	213
Byg (vår)	Halm	4,38	4,0	781
Hvede (vinter)	Halm	4,60	3,3	788
Havre (vår)	Halm	4,69	3,7	785
Rug (vinter)	Halm	6,43	3,8	796
Triticale (vinter)	Halm	4,60	3,3	<sup>3)</sup>

1) Fodermiddeltabel (Møller et al., 2005)

2) For korn baseret på foderanalyser fra 2007-2013 (Møller et al., 2012, Møller og Sloth, 2014, Møller et al., 2013, Vils og Sloth, 2003) og for øvrige baseret på fodermiddeltabellen (Møller et al., 2005)

3) Som estimat er brugt tal for vinterhvedehalm

## 5.2.2. Input af N, P og K gødning

Der tages udgangspunkt i gødningsnormerne for dyrkningsåret 2014/15 for input af N, P og K (Anonym, 2014). Det antages, at grovfoderafgrøderne dyrkes på kvægbedrifter på en gennemsnitlige jordtype (Appendix 4). Tilsvarende antages korn og raps dyrket på ikke-kvægbedrifter på en gennemsnitlig jordtype for disse afgrøder i Danmark (Appendix 4).

I tabel 23 og 24 ses de beregnede gødningsinput for kvælstof (N), kalium (K) og fosfor (P). Dyrkning af kløvergræs, græs, raps og roer giver en forfrugtsværdi til den efterfølgende afgrøde. Dette betyder, at gødningsinput til disse efterfølgende afgrøder skal reduceres i følge gødningsnormerne. Når vi her regner på afgrødeniveau indregnes forfrugtsværdien i stedet til afgrøden selv i form af et reduceret gødningsinput. For eksempel har kløvergræs (<50% bælgeplanter en forfrugtsværdi på 84 kg N (Anonym, 2014) til den efterfølgende afgrøde. Her fordeles de 84 kg N over 2 år, da det antages, at kløvergræs er en 2 årig afgrøde. 'Græs i sædskifte' har en forfrugtsværdi på 18 kg N/ha, roer har forfrugtsværdi på 14 kg N/ha og raps 9 kg N/ha.

**Tabel 23.** Norminput af N, P og K gødning til grovfoder (Anonym 2014) for en gennemsnitlig jordtype på kvægbrug

Afgørde	Jordkategori og tilhørende gødningsnorm, kg N/ha						ANVENDT		
	Uvandet grovsand	Uvandet finsand	Vandet grovsand	Sand-blandet lerjord	Lerjord	Vægtet gns <sup>1)</sup>	Kg N/ha med korrektion for forfrugt	Kg P/ha	Kg K/ha
Majsensilagesilo	144	132	157	135	150	143	143	45	137
Kolbemajs <sup>2)</sup>	144	132	157	135	150	143	143	45	137
Vårbyghelsæd	105	100	117	103	115	106	106	25	129
Kl. græs ens.	228	230	242	233	233	234	192	32	172
Kl. græs afgræs.	228	230	242	233	233	234	192	32	172
Græs ens.	305	313	338	321	321	322	313	33	214
Vedv. græs, afgræs. <sup>3)</sup>	66	66	66	66	66	66	33	8	28
Natur, afgræs. <sup>3)</sup>							14	4	12
Roer	151	165	178	165	174	167	153	41	299

1) Norminput er vægtet ift. jordtypen og andel med jordtypen fremgår af appendix 4

2) I budgetkalkulerne er der samme gødningstildeling til majs til helsæd og til kolbemajs ensilage

3) For vedvarende græs og naturgræs er det antaget at anvendt mængde gødning svarer til N afsat under afgræsning, når hele udbyttet afgræsses af kvæg fodret 100% med græs, her angivet som kg plantetilgængeligt N

**Table 24.** Beregnet norminput af gødning til korn og raps (Anonym 2014) afh. af jordtype på plantebrug, kg N, P og K per ha

Afgørde	Norminput per jordtype og vægtet gns., kg N/ha						ANVENDT input		
	Uvandet grovsand	Uvandet finsand	Vandet grovsand	Sand-blandet lerjord	Lerjord	Vægtet gns <sup>1</sup>	Kg N/ha med korrektion for forfrugt	Kg P/ha	Kg K/ha
Byg (vår)	114	110	129	116	129	119	119	21	55
Hvede (vinter)	133	138	156	156	167	149	149	19	71
Havre (vår)	88	85	103	84	96	91	91	23	67
Rug (vinter)	119	120	131	123	135	125	125	18	52
Triticale (vinter)	139	138	151	138	151	143	143	20	39
Raps (vinter)	165	175	175	181	183	175	166	26	82
Sukkerroer	107	99	111	101	114	105	96	44	150

1) Vægtet gns. jordtype på ikke-kvægbedrifter

### 5.2.3. Afgrøderester, herunder halmanvendelse

Mængden og typen af afgrøderester, herunder hvorvidt halm fjernes eller nedmuldes har betydning for, om afgrøden opbygger eller tærer på jordens kulstofpulje. Endvidere påvirker det den potentielle frigivelse af lattergas. Halmanvendelse i Danmark i perioden 2010-2014 er vist i appendix 5 (Danmarks Statistik, 2017). For eksempel kan man se, at for vinterhvede bliver 58% af halmen høstet og anvendt enten til fyring (37%), til foder (12%) eller til strøelse (10%) og de resterende 42% af halmen bliver efterladt i marken. Efterladt halm i marken er et stort bidrag til puljen af afgrøderester, der påvirker de beregnede bæredygtighedsparametre. Der er derfor defineret to afgrøder for hver korn- og rapsafgrøde, med hhv. halm høstet og halm nedmuldet.

I tabel 25 og 26 er vist input af afgrøderester for de enkelte afgrøder estimeret vha. C-tool koefficienter (tabel 4). Det ses for eksempel, at vårbyg er den kornafgrøde, der har det laveste årlige input af afgrøderester, i alt 4925 kg tørstof fra over- og underjordiske rester, hvis halmen er fjernet og 7364 kg tørstofinput til jorden, hvis halmen nedmuldes. Når der er taget højde for, hvor meget af det årlige input, der er tilbage i et 100 årigt perspektiv og efter skalering til referenceafgrøden resulterer dyrkning af vårbyg i, at der tæres på jorden dvs., at den frigiver C fra jorden. Denne frigivelse af C bidrager til, at drivhusgasudledningen øges. Samtidig frigives N fra jorden, hvilket betyder, at potentiel N udvaskning (beregnet vha. N-balancen) øges.

N-indholdet i den årlige mængde afgrøderester er beregnet, som grundlag for beregning af lattergasemission fra afgrøderester.

**Tabel 25.** Input af C og N fra afgrøderester, herunder rødder, for korn- og raps afgrøder per ha per år

	Byg		Hvede Reference- afgrøde		Havre		Rug		Triticale		Rapsfrø	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Halm fjernet												
Afgrøderester, kg TS <sup>1)</sup>												
Overjordiske rester ialt, kg TS <sup>2)</sup>	2927	5366	4801	8205	3573	5955	3701	7261	3675	6303	2697	5721
Heraf halm	0	2439	0	3404	0	2382	0	3560	0	2628	0	3024
Underjordiske rester, kg TS	1998	1998	4798	4798	2033	2033	3904	3904	3561	3561	3027	3027
Afgrøderester i alt, kg TS	4925	7364	9599	13004	5606	7988	7604	11164	7236	9864	5724	8748
C input til jorden, kg C <sup>3)</sup>	2216	3314	4320	5852	2523	3595	3422	5024	3256	4439	2576	3937
C forblevet i jorden efter 100 år, kg C <sup>4)</sup>	222	331	432	585	252	359	342	502	326	444	258	394
-effekt af varighed afgrødetype <sup>5)</sup>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
-effekt af jordbearbejdning <sup>6)</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-Scalering til referenceafgrøde, kg C/ha/år <sup>7)</sup>	-220	-132	-51	71	-195	-109	-123	5	-137	-42	-191	-82
N forblevet i jorden i 100 års perspektiv, kg N <sup>8)</sup>	-22	-13	-5	7	-20	-11	-12	0	-14	-4	-19	-8
Klimaeffekt af C ændring i jord, kg CO <sub>2</sub> -ækv. <sup>9)</sup>	806	484	189	-261	716	401	452	-18	501	154	700	301
Årlig N input fra afgrøderester <sup>10)</sup>												
Protein, % af TS i overjordiske afgrøderester (AG) <sup>11)</sup>	4,7	4,3	5,3	4,1	4,7	4,1	5,3	4,3	5,3	4,2	4,4	3,8
Protein, % af TS i underjordiske afgrøderester (BG) <sup>12)</sup>	9,9	9,9	9,4	9,4	9,9	9,9	9,4	9,4	9,4	9,4	10,0	10,0
N input fra AG, kg N <sup>13)</sup>	22,0	36,6	41,1	53,6	26,6	38,7	31,3	50,5	31,2	42,2	18,8	34,9
N input fra BG, kg N <sup>13)</sup>	31,5	31,5	71,9	71,9	32,0	32,0	58,5	58,5	53,4	53,4	48,6	48,6
N input fra afgrøderester, kg N	53,5	68,1	113,0	125,5	58,7	70,7	89,8	109,0	84,6	95,6	67,4	83,5
Andel omlagt <sup>14)</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

- 1) *Estimeret vha C-tool estimer*
- 2) *Heri indgår ikke husdyrgødning*
- 3) *45% af tørstof er C*
- 4) *9,7% i 100 årigt perspektiv (Petersen et al., 2013)*
- 5) *Faktor for varighed af afgrødetype: 1 for vedvarende afgrøder, 0,8 for 1 årige afgrøder, for sædskiftegræs bruges 0,93 lige som for brak (IPCC; 2006)*
- 6) *Faktor for jordbearbejdning: 1,0 for 'fuld jordbearbejdning' og 1,10 for sædskiftegræs (IPCC; 2006)*
- 7) *Ændring i kulstofpuljen gives som forskellen til referenceafgrøden 'hvede med gns. halm anvendelse', der antages at være tæt på balance mht. C ændring i jord (-397). Et negativt tal betyder, at C frigives fra jorden og positivt, at der indlejres*
- 8) *N forblevet i jorden i et 100 årigt perspektiv påvirker N-balancen, beregnes ud fra et C:N 10:1 (Petersen et al., 2013)*
- 9) *Fra C til CO<sub>2</sub> med faktoren 44/12, positiv tal betyder at C frigives og der er en ekstra klimaeffekt herfra, negativt at det indlejres i jorden og samlede klimaaftryk reduces*
- 10) *Mængden beregnes for at kunne kvantificere lattergas emission fra afgrøderesterne*
- 11) *Protein% er vægtet gns. af værdier for protein% i marktab, stub, avner, bladtab fra Djurhus & Hansen (2003)(fra Mogensen et al., 2014 - table 4 og 5)*
- 12) *Djurhus & Hansen (2003)(fra Mogensen et al., 2014 - table 4 og 5)*
- 13) *Den årlige mængde afgrøderester fra øverst i tabellen*
- 14) *Ved beregning af lattergasemission tages der højde for hvor ofte marken pløjes om*

**Tabel 26.** Input af afgrøderester for grovfoder estimeret vha. C-tool estimer, per ha per år

	Byg helsæd	Kl. græs ensilage	Kl. græs afgræsset	Græs ensilage	Vedv græs afgræsset <sup>13)</sup>	Natur græs afgræsset <sup>13)</sup>	Majs helsæd	Majs kolbe	Roer rod
Afgrøderester, kg TS <sup>1)</sup>									
Totale overjordiske rester, kg TS <sup>2)</sup>	1250	3471	5177	3905	1671	1044	1749	3979	5199
Underjordiske rester, kg TS	1600	9467	9467	10649	3180	3180	2057	1756	2363
Afgrøderester i alt, kg TS	2850	12938	14644	14553	4851	4224	3806	5735	7562
C input til jorden, kg C <sup>3)</sup>	1282	5822	6589	6549	2183	1808	1713	2581	3403
C forblevet i jorden efter 100 år, kg <sup>4)</sup>	128	582	659	655	218	181	171	258	340
-effekt af varighed af- grødetype <sup>5)</sup>	0,8	0,93	0,93	0,93	1	1	0,8	0,8	0,8
-effekt af jord- bearbejdnng <sup>6)</sup>	1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1	1
-Scalering til referenceaf- grøde, kg C <sup>7)</sup>	-294	199	277	273	31	0	-260	-191	-125
N forblevet i jorden (100 års), kg N <sup>8)</sup>	-29	20	28	27	3	0	-26	-19	-12
Klimaeffekt af C ændring i jord, kg CO <sub>2</sub> -ækv. <sup>9)</sup>	1080	-728	-1016	-1001	-114	0	953	699	458
N input fra afgrøderester <sup>10)</sup>									
Protein, % af TS i overjordi- ske afgrøderester (AG) <sup>11)</sup>	6,8	13,7	16,5	13,9	14,5	14,5	6,1	4,7	13,9
Protein, % af TS i underjor- diske afgrøderester (BG) <sup>12)</sup>	9,9	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,9	9,9	9,8
Input fra AG, kg N <sup>13)</sup>	13,6	76,3	173	86,5	24,9	6,9	17,1	29,6	116,0
Input fra BG, kg N <sup>13)</sup>	25,2	139,4	139	156,8	43,1	12,0	32,4	27,7	37,2
N input fra afgrøderester, kg N	38,8	215,6	313,3	243,3	68,0	18,9	49,6	57,3	153,2
Andel omlagt <sup>14)</sup>	1	0,5	0,5	0,5	0,2	0,1	1	1	1

For notetekst henvises til tabel 25

## 5.2.4. Vanding, tørring, dieselforbrug og kalkning

### *El til vanding*

Danmark kan 17 % af landbrugsarealet eller 450 t ha vandes med de ca. 9000 markvandingsanlæg, der findes på danske landbrug (Anonym, 2011a).

Den samlede vandingstilladelse i perioden fra 2000 til 2012 er i størrelsesorden 460 millioner m<sup>3</sup>/år baseret på tal fra Syd, Midt og Nordjylland, mens de indberettede anvendte vandingsmængder udgør i størrelsesorden 50-60% heraf. Det svarer til, at der vandes med 48 mm/ha, på det areal der er vandet per år i gennemsnit ifølge Henriksen et al. (2015). Hvis man i stedet anvender det vandede areal fra Landscentrets opgørelse, får man en vandmængde på 60-65 mm/ha, der er vandet per år (Kolind, pers. com, 2015).

Til denne opgørelse, antages der anvendt i alt 270 millioner m<sup>3</sup>/år til vanding fordelt med i gennemsnit 60 mm/ha på 450 t ha vandet landbrugsjord. Denne vandingsmængde fordeles mellem afgrøder ud fra det beregnede vandingsbehov i de forskellige afgrøder på grovsandet jord (jb1) i perioden 1987-2010 (Kolind, 2011) (tabel 27) og arealfordelingen mellem afgrøderne på hhv. kvæg og ikke-kvægbedrifter. På kvægbrug kan 33% af arealet vandes ifølge spørgeskemaundersøgelse af Kristensen (2010). Ifølge denne undersøgelse kunne 54% af kvægbedrifterne vande og i gennemsnit kunne de vande 65% af arealet. Dette er i overensstemmelse med registerdata fra 2011, der viser, at 230.000 ha på kvægbrug kunne vandes svarende til 36% af arealet på kvægbrug (Kristensen, 2013). Når man tager højde for, at kun 55% af vandingstilladelseerne udnyttes, giver det som gennemsnit for al jord på kvægbrug, at der vandes i gennemsnit 18% af arealet, mens dette tal på ikke-kvægbrug bliver 7%.



**Tabel 27.** Vandingsbehov i forskellige afgrøder på sandjord, samt vand- og elforbrug på alle ha dyrket med afgrøden opdelt på hhv. kvæg og andre brug

	Byg	Havre	Hvede	Rug	Triticale	Raps	Roer	Græs	Helsæd	Majs
Vandingsbehov, mm <sup>1)</sup>	103	103	143	143	143	121	70	177	103	76
Vandingsbehov, m <sup>3</sup> /ha	1030	1030	1430	1430	1430	1210	700	1770	1030	760
Energi til vanding, kWh/ha <sup>5)</sup>	515	515	715	715	715	605	350	885	515	380
Gns energi til vanding, kWh/ha dyrket ialt <sup>4)</sup>										
Kvægbedrift <sup>2)</sup>	93	93	130	130	130	110	64	161	93	69
Ikke-kvægbedrift <sup>3)</sup>	34	34	47	47	47	40	23	58	34	25
Vandforbrug, mm/ha dyrket ialt <sup>4)</sup>										
Kvægbedrift <sup>2)</sup>	19	19	26	26	26	22	13	32	19	14
Ikke-kvægbedrift <sup>3)</sup>	7	7	9	9	9	8	5	12	7	5

1) Værdier for afgrøder dyrket på grovsandet jord (JB1), Kolind, 2011 (Havre er antaget at have samme behov som vårbyg, og rug og triticale som hvede. For roer stammer tallet fra Budgetkalkuler fra 2011 (Anonym, 2011b)

2) På kvægbedrift antages 33% af arealet at kunne vandes og heraf bliver 55% vandet (i gns 18% vandet)

3) På ikke-kvægbedrift antages 12% af arealet at kunne vandes og heraf bliver 55% vandet (i gns 7% vandet)

4) Gennemsnitlig vandforbrug til vanding for alt dyrket areal med afgrøden, dvs. både vandet og ikke-vandet på bedriftstypen

5) Energiforbruget til kunstvanding er 0,5 kWh per m<sup>3</sup> vand, der pumpes (Energi Midt, 2010).

#### Energi (el og olie) til tørring af korn og raps

I Danmark er det næsten altid nødvendigt at tørre korn efter høst (Elmholt og Nielsen, 2002). Kristensen & Gundtoft (2003) har fundet et energiforbrug til tørring på 6,8 MJ el og 6,2 MJ varme (olie) per hkg korn, der tørres. Disse tal for energi til tørring er anvendt for al korn og raps høstet i Danmark.

#### Diesel til markoperationer

Energiforbruget i jordbruget udgør 4,4% af landets samlede energiforbrug. Diesel udgør 49% af energiforbruget i jordbruget (Energi styrelsen, 2014b). Det direkte dieselforbrug til markarbejde i tabel 28 og 29 er baseret på antal og typer af markoperationer fra 'Budgetkalkulerne' for dyrkning af specifikke afgrøder (Anonym, 2011b) og mængden af dieselforbrug til hver operation fra Dalgaard et al. (2002). Det er antaget, at den gennemsnitlige afstand fra mark til gård er 3 km for lokalt produceret grovfoder og korn. Diesel, der anvendes til transport til gården er inkluderet i energiforbrug til markarbejdet. Indirekte emissioner fra produktionen af traktor og maskiner er ikke inkluderet i beregningerne.

I de tidligere beregninger af miljøbelastningen ved foderproduktion fra 2002 i LCAFood (Nielsen et al., 2003) er dieselforbruget opskaleret med en faktor 1,22 for at afstemme med det nationale forbrug. Dette er udeladt i denne rapport, idet der er taget højde for den generelle reduktion i landbrugets dieselforbrug (Energistyrelsen, 2014b). Der er endvidere indregnet et forbrug på 0,1 l smøreolie per L diesel fra data i LCAFood (Nielsen et al., 2003).

**Tabel 28.** Dieselforbrug per afgrøde – korn og raps

	Byg	Havre	Vinterhvede	Rug	Triticale	Vinterraps
l/ha	78	79	96	94	93	93

**Tabel 29.** Dieselforbrug per afgrøde – grovfoder

	Græs/ kløvergræs ensilage	Græs/ kløvergræs afgræs	Naturgræs og vedv. græs	Helsæds ens. (byg)	Majs ensilage	Kolbemajs	Roer
l/ha	81/79	9	6	89	120	81	91

#### Kalkning

Brug af kalk giver anledning til emissioner både i forbindelse med produktion heraf, men især i forbindelse med brug i marken.

I tabel 30 er vist det årlige forbrug af kalk fra 2009-12 (Nielsen et al., 2014). Dette kalkforbrug er holdt op mod sædskiftearealet i samme periode, da der kun bruges ubetydelige mængder kalk på vedvarende græsmarker. Dette giver et gennemsnitligt årligt kalkforbrug på 165 kg kalk per ha sædskiftejord.

**Tabel 30.** Forbrug af kalk per ha sædskiftejord i Danmark (Nielsen et al., 2014).

Kalkforbrug, Gg	2009	2010	2011	2012	Gennemsnit 2009-2012
I landbruget, CaCO <sub>3</sub> Gg	410	345	365	426	387
I CAN og Urea gødning, Gg	8	9	9	9	9
I alt, Gg	418	354	374	435	395
Samlet sædskifte areal, ha	2.387.895	2.397.017	2.411.744	2.399.704	2.399.090
Kalkforbrug,kg/ha <sup>1)</sup>	175	148	155	181	165

1) Mængden er angivet som ren kalk (CaCO<sub>3</sub>)

### 5.3. Indkøbt foder, biprodukter

I det følgende præsenteres inputdata for indkøbte fodermidler og biprodukter. Der er et afsnit for hver afgrøde, som kan give anledning til et eller flere biprodukter, der kan anvendes til kvægfoder. Der er taget udgangspunkt i inputdata fra Agri-footprint, suppleret med andre databaser og litteraturværdier.

#### 5.3.1. Rapskage og -skrå

For produktion af rapskage og -skrå er baseret på danske data for primærproduktion af rapsfrø, samt data vedrørende forarbejdning i Tyskland af rapsfrø til rapskage og -skrå fra Agri-footprint (Zeist et al., 2012a). Rapskrå er restproduktet, når rapsfrø forarbejdes til rapsolie ved ekstraktion. Rapskage er det tilsvarende restprodukt, når denne forarbejdning sker ved presning. I tabel 31 er vist de data, der anvendes i beregningen for miljøbelastningen forbundet med forarbejdning af rapsfrø til henholdsvis rapskage og -skrå.

**Tabel 31.** Input og output ved forarbejdning af rapsfrø til rapskage og -skrå

Foderemne	Rapskage	Rapsskrå
Input	(presning af rapsfrø) <sup>1)</sup>	(ekstraktion af olie fra frø) <sup>1)</sup>
Rapsfrø fra gård, kg	1000	1000
Vand, 1000 l	0	0,248
Varme, naturgas, MJ	0	700
El (dk), kWh	55,6	34,7
Hexane, kg		1,1
Transport fra gård til forarbejdning <sup>2)</sup>		
Placering af gård	Tyskland/Danmark	Tyskland/Danmark
Placering af foderfabrik	Danmark	Danmark
Lastbil > 20 t, km	191	191
Lastbil 10-20 t, km	137	137
Output		
Produkt 1	Rapskage (expeller)	Rapsskrå (meal)
Produkt 2	Rapsolie	Rapsolie
Vægt produkt 1, kg <sup>1)</sup>	680	583
Vægt produkt 2, kg	310	400
Vægt andet og tab, kg	10	17
Sum vægt i alt, kg	1000	1000
Værdi produkt 1, dollar/kg <sup>3)</sup>	0,213	0,213
Værdi produkt 2, dollar/kg	0,992	0,992
Økonomisk allokering:		
Andel til produkt 1	0,32	0,24
Andel til produkt 2	0,68	0,76
Andet output		
Spildevandsrensning, 1000 kg		0,248

1) Fra Zeist et al., 2012a baseret hovedsagelig på tyske kilder, der antages at være repræsentative for Nordeuropa

2) Transport fra gård til fabrik er baseret på data fra rapsmøllen i Dronninglund: 25% af frøene fra landmænd i Nordjylland/Himmerland (59 km) og 50% fra resten af DK (244 km), og 25% importeres, her antaget at være fra Tyskland (765 km) (Mogensen et al 2011)

3) Fra Zeist et al., 2012a baseret på FAOStat fra 2006-10, de skelner ikke mellem -skrå og -kage.

### 5.3.2. Hvedeklid og hvedebærme (DDGS)

#### Hvedeklid

For hvedeklid er der anvendt data fra primærproduktion af dansk hvede, samt data fra Agri-footprint (Zeist et al., 2012b) for forarbejdning, fra regnet bidrag fra tørring af kernen, da dette allerede er inkluderet i primærproduktionen af hvede i de danske data. Hvedeklid er et af restprodukterne, når hvede formales (dry milling) til hvedemel, hvilket er illustreret i appendiks 6. Som det fremgår af tabel 32 giver formaling af 1000 kg hvedekerne, 730 kg hvedemel og 120 kg hvedeklid. Men disse tal kan variere afhængig af typen af hvedemel, der produceres, jo grovere mel jo større andel af massen ender som mel.

### *Kornbærme fra hvede*

Bærme er en samlebetegnelse for restfraktionen, der er tilbage, når stivelsesindholdet i korn eller majs er forgæret, og ethanolen er destilleret fra. Bærme kaldes også Distillers Grains (DG). Hvis produktet er tørret (dried) kaldes den tørrede bærme DDG: Dried Distillers Grains eller DDGS: Dried Distillers Grains with Solubles (Sehested & Søndergaard, 2014). Bærme på det nordeuropæiske marked er primært baseret på korn (især hvede) og består primært af DDGS, dvs. tørret kornbærme med omkring 89-92% tørstof (TS), hvor der kun er 11,5-28,4% TS i våd bærme (DGS) (Sehested & Søndergaard, 2014). Generelt medfører produktionsprocessen, at indholdet af fibre, protein, fedt og mineraler opkoncentreres med en faktor 3 i bærmen i forhold til udgangspunktet i hveden. Råproteindholdet i tørstof øges således fra 8,5-14 % i hveden op til 20-38 % i bærmen og fedt øges fra 1,6-2 % op til 2,5-6,7 % (Sehested & Søndergaard, 2014). De anvendte data for forarbejdning af hvede til bioetanol og DDGS (Tabel 32) er baseret på Dalgaard & Smidt (2014), der bygger videre på primærdata fra Schmidt & Brandão (2003).

**Table 32.** Input og output ved hhv. formaling af hvede til hvedemel med bl.a. hvedekliid som restprodukt, eller produktion af bioetanol fra hvede med DDGS som biprodukt.

Foderemne	Hvedekliid <sup>1)</sup>	DDGS <sup>2)</sup> (Hvedebærme, 90%TS)
<b>Input</b>		
Hvede fra gård, kg	1000	1000
Vand, 1000 l	0,1	
Varme, naturgas, MJ	174	3470
El (Tyskland), kWh	80,6	
El (Sverige), kWh		137
Andre kemikalier, kg <sup>3)</sup>		19,3
Transport fra gård til forarbejdning	<sup>1)</sup>	<sup>4)</sup>
Placering af gård	Tyskland	Sverige
Placering af foderfabrik	Tyskland	Sverige
Lastbil > 20 t, km	84,47	200
Fragttog	17,82	
Skib, km	3,61	
<b>Output</b>	<sup>1)</sup>	<sup>2)</sup>
Produkt 1	Hvedekliid	DDGS
Produkt 2	Hvedemel	Bioetanol
Produkt 3	Hvedestrømel	
Produkt 4	Kim	
Vægt produkt 1, kg	120	373
Vægt produkt 2, kg	730	283
Vægt produkt 3, kg	125	
Vægt produkt 4, kg	20	
Vægt andet og tab, kg	5	344
Sum vægt i alt, kg	1000	1000
Værdi produkt 1, Euro/kg <sup>5+6)</sup>	0,13	0,157
Værdi produkt 2, Euro/kg	0,27	0,352
Værdi produkt 3, Euro/kg	0,13	
Værdi produkt 4, Euro/kg	0,38	
<b>Økonomisk allokering:</b>		
Andel til produkt 1	0,06	0,37
Andel til produkt 2	0,84	0,63
Andel til produkt 3	0,07	
Andel til produkt 4	0,03	

1) Fra Zeist et al., 2012b baseret hovedsagelig på Betchtel et al (1999) og Hollandske kilder

2) Dalgaard & Smidt (2014)

3) Består af enzymer, sulforsyre (94%), fosforsyre (74%), Sodium hydroxid (49%), ammonia vand (25%), urea (45%), calcium clorid (68%) i små mængder, der er modelleret samlet som 'andre kemikalier' se Schmidt og Dalgaard, 2012 med et CF på 2,028 kg CO<sub>2</sub>-ækv./kg

4) Schmidt & Brandao (2003) antager 200 km lastbiltransport fra gård til fabrik for input af korn til bioetanolproduktion

5) Priser for hvedekliid: fra Zeist et al., 2012 baseret på bl.a. EuroStat som gns fra 2004-09

6) Priser for DDGS: fra Dalgaard & Schmidt (2014) baseret på United States Department of Agriculture (2014), hvor data represent the market in United States the first week of 2012

### 5.3.3. Grønpiller

Data for fremstilling af danske grønepiller tager udgangspunkt i data fra LCAFood fra DanGrønt i Ringkøbing (Nielsen et al., 2003), dog er data for energiforbrug til forarbejdning opdateret i 2011 med nye data fra DanGrønt (Mogensen et al., 2011). Der anvendes 5 tons frisk græs svarende til 1 ton TS til at fremstille 1 ton grønepiller (LCAFood). Data for primærproduktionen er processen for dyrkning af kløvergræs til ensilage. Energiforbrug til fremstilling af 1 ton piller er baseret på data fra DanGrønt fra 2011 (pers. com), hvor to af de tre danske tørrerier bruger kul, og det tredje olie. De tre løntørrerier i Danmark afhenter græs fra gårde, der i gennemsnit ligger 21 km væk (Mogensen et al., 2011).

**Tabel 33.** Input og output ved fremstilling af grønepiller fra frisk græs

Foderemne	Grønepiller
<b>Input</b>	
Frisk kløvergræs fra gård, kg TS	1000
Vand, 1000 l	0,048
Varme, kul (2/3) /olie (1/3) mwh	1,4
El (Danmark), kWh	150
Diesel, l	6,8
Transport fra gård til forarbejdning	
Placering af gård	DK
Placering af foderfabrik	DK
Lastbil mellem str. (10-20 t), km <sup>1)</sup>	21 km * 5
<b>Output</b>	<b>Grønepiller</b>
Vægt produkt, kg	1000
<b>Økonomisk allokering:</b>	
Andel til produkt 1	1

1) Der transporteres 5 kg frisk græs for hvert kg TS grønepiller

### 5.3.4. Roepiller, melasse, frisk og tørret HP-pulp fra sukkerroer

I beregningerne tages der udgangspunkt i data for dansk dyrkning af sukkerroer, samt en kombination af danske LCAFood data og data fra Agri-footprint mht. forarbejdningen af sukker, dvs. input og output mængder, samt priser til økonomisk allokering (Nielsen et al., 2003; Zeist et al., 2012c). I appendix 7 er vist en figur for processen, hvor sukkerroer forarbejdes til sukker. Hovedproduktet er sukker, derudover er der biprodukterne melasse og sukkerroepulp, denne pulp kan videreføres til HP-pulp (presning) eller til roepiller (tørring) (Zeist et al., 2012c).

Det anvendte sukkerudbytte på 170 kg sukker per 1000 kg sukkerroe er danske output tal fra NordZucher (2016). Disse er i fin overensstemmelse med et udbytte på 167 kg sukker i data fra Zeist et al (2012c) baseret på et hollandsk og et tysk studie, men noget højere end det sukkerudbytte på 137 kg/t sukkerroe, der tidligere er brugt i LCAFood (Nielsen et al., 2003). Priser for produkterne er fra 2010-12 for europæisk sukker (Spoerri & Kaegi, 2015). Disse priser er i god overensstemmelse med den danske pris for HP-pulp på 0,20 kr/kg, når 4 øre af den opgivne pris inklusiv levering er fratrukket til transport (Nordic Sugar, 2015), hvorimod Agri-footprint antager, at pulp er et restprodukt uden værdi.



**Tabel 34.** Input og output ved forarbejdning af sukkerroer til sukker, med biprodukterne melasse og pulp, der kan efterbehandles til presset HP-pulp eller roepiller

	Hovedprocessen		Forarbejdning af frisk pulp <sup>1)</sup>	Forarbejdning af frisk pulp <sup>2)</sup>
	Melasse	Pulp, frisk	HP-Pulp, presset	Roepiller
Foderemne				
TS; %		22	27	90
Input				
Sukkerroer fra gård, kg <sup>1)</sup>	1000	1000		
Pulp frisk (21%TS), kg			230	230
Vand, 1000 l <sup>2)</sup>	219	219		
Varme, naturgas, MJ <sup>1)</sup>	580	580		325
Varme olie, MJ <sup>1)</sup>	18	18		
EI (Danmark), kWh <sup>1)</sup>	1,11	1,11		4,2
Andre kemikalier, kg <sup>3)</sup>	2,26	2,26		
Transport fra gård til fabrik <sup>4)</sup>				
Placering af gård	Danmark	Danmark		
Placering af foderfabrik	Danmark	Danmark		
Lastbil > 20 t, km	70	70		
Fragttog				
Skib, km				
Output				
Produkt 1	Sukker	Sukker	HP-Pulp, presset	Roepiller
Produkt 2	Melasse	Melasse		
Produkt 3	Pulp, vådt (22%TS)	Pulp, vådt (22%TS)		
Vægt produkt 1, kg <sup>2)</sup>	170	170	187	56
Vægt produkt 2, kg <sup>1)+2)</sup>	36	36		
Vægt produkt 3, kg <sup>1)+2)</sup>	230	230		
Vægt produkt 4, kg: Kalk	60	60		
Vægt andet og vandtab, kg	504	504		
Sum vægt i alt, kg	1000	1000		
Værdi produkt 1, Euro/kg <sup>5)</sup>	0,407	0,407		
Værdi produkt 2, Euro/kg <sup>5+6)</sup>	0,116	0,116		
Værdi produkt 3, Euro/kg <sup>5)</sup>	0,0203	0,0203		
Værdi produkt 4	0	0		
Økonomisk allokering:				
Andel til produkt 1	0,89	0,89		
Andel til produkt 2	0,05	0,05		
Andel til produkt 3	0,06	0,06		
Andre output				
Spildevand,				
BOD, g	0,79	0,79		
N-tot, g	3,7	3,7		
P-tot, g <sup>7)</sup>	0,84	0,84		

1) Data fra Zeist et al., 2012c

2) Danske output tal fra NordZucker (2016) angiver et sukker udbytte på 170 kg sukker/1000 kg sukkerroe

3) Sulfur syre (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), kul fra undergrunden, formaldehyd (Zeist et al. 2012c)

4) LCAFood.dk (Nielsen et al., 2003)

5) Priser fra 2010-12 fra Spoerri & Kaegi (2015).

6) Anvendte priser passer med danske købspriser på melasse på 137 kr/100 kg (dec 2014-dec 2015) ([www.farm-tal.online](http://www.farm-tal.online))

7) Samme mængde som vandforbrug antaget

### 5.3.5. Mask og maltspirer

Mask er et biprodukt fra fremstilling af øl. I Danmark brygges øl af byg og majs, typisk i forholdet 70:30 (Stensig et al., 1993). I disse beregninger er ølbrygningen dog antaget udelukkende at være baseret på dansk byg.

Data for forarbejdning af byg til mask er baseret på Dalgaard & Schmidt (2014). Ølproduktion, hvorfra mask er et biprodukt, kan opdeles i følgende processer:

1. Data fra denne rapport.
2. Maltning. Bygkerner spirer ved opblødning i vand. Malt er hovedproduktet, mens malt/bygspirer er et biprodukt. Data fra Kløverpris et al. (2009) fra ét dansk bryggeri, disse data antages at være repræsentative (Dalgaard & Schmidt, 2014).
3. Brygning. Øl fremstilles af malt, der er input til brygningen. Processen består af flere trin, men er i Dalgaard & Schmidt (2014) samlet i én aktivitet baseret på Kløverpris et al. (2009). Øl er hovedproduktet og mask et biprodukt fra brygningen. Der er ikke data tilgængelig for energiforbrug til tørring af frisk mask (fra 25% til 91% TS). Som et estimat herfor er anvendt energiforbruget fra tørring af roeffald (22% TS) til roepiller (90% TS), hvortil der kræves 1,71 MJ naturgas og 0,0219 kWh el per kg vare, der tørres.

**Table 35.** Input og output ved forarbejdning af byg til øl, med mask og maltspirer som biprodukter (baseret på Dalgaard & Schmidt, 2014)

Proces	Maltning	Brygning
Foderemne	Maltspirer	Mask
Input		
Byg fra gård, kg	1000	
Malt, kg		1000
Vand, 1000 l	1,67	6,83
Varme, naturgas, MJ	1670	267
El (Danmark), kWh	8,69	6,50
Stål, kg		0,014
Andre kemikalier, kg <sup>1)</sup>		3,5
Transport fra gård til fabrik <sup>2)</sup>		
Placering af gård	Danmark	
Placering af bryggerier	Danmark	
Lastbil > 20 t, km	200	
Output		
Produkt 1	Malt	Mask (25% TS)
Produkt 2	Maltspirer (95% TS)	Øl (4,6% alkohol)
Vægt produkt 1, kg	820	800
Vægt produkt 2, kg	46,1	6720
Sum vægt i alt, kg	866,1	7520
Værdi produkt 1, Euro/kg	0,358	0,054
Værdi produkt 2, Euro/kg	0,054	0,807
Økonomisk allokering:		
Andel til produkt 1	0,99	0,01
Andel til produkt 2	0,01	0,99

1) Andre kemikalier består af mælkesyre og enzymer hhv. 3,0 og 0,5 kg

2) Det er antaget, at der anvendes dansk byg på de danske bryggerier og som et groft estimat, at der er 200 km lastbiltransport af byg fra gården, hvor byg er dyrket til bryggeriet

### 5.3.6. Majs gluten og majs

Majs til modenhed anvendt i Danmark er hovedsagelig importeret, da der i Danmark kun er et majsareal til modenhed på ca. 8000 ha. I Agri-footprint er der data for dyrkning af majs til modenhed i Tyskland, Frankrig, Ungarn og USA. I denne rapport er det valgt at anvende nedenstående tal for majs dyrkning baseret på data fra især Frankrig og Tyskland (Marinussen et al., 2012c).

**Tabel 36.** Input og output for dyrkning af 1 ha med majs til modenhed<sup>1)</sup>

	Majs til modenhed
Oprindelsesland	DE/FR
<b>Input per ha</b>	
Handelsgødning, kg N	185
Handelsgødning, kg P	25
Handelsgødning, kg K	52
Udsæd, kg	20
Olie, smøremiddel, l	9,7
El til tørring, kWh	176
Diesel til markarbejde, l	97
Kalk, kg	333
Vanding, kWh	202
<b>Output per ha</b>	
Høstet udbytte, kg	8720
Høstet udbytte, kg TS	7630
TS,%	87,5
Nettoudbytte, FE <sup>2)</sup>	9305
Halm udbytte nedmuldet, kg TS	4217
Totale afgrøderester (AG +BG), kg TS <sup>3)</sup>	7431

1) Marinussen et al., 2012c

2) FMK 204 i DK Fodertabel (Møller et al., 2005)

3) Beregnet vha C-tool med samme koefficienter som kolbemajs

For majs gluten er bæredygtighedsværdier fra Agri-footprint (Zeist et al., 2012d) anvendt direkte uden, at der er foretaget egne beregninger. Det majs gluten, der anvendes i Danmark er antaget at være med et høj råproteinindhold. Majs gluten er et biprodukt fra fremstilling af majsstivelse. Udvindingen af stivelse sker ved hjælp af en våd proces. Dvs. majs sættes i støb i varmt vand i en periode, hvorefter kimen udvales og frasorteres ved hjælp af sigtning. De resterende dele af kernen formales fint, og de grove skaldele sorteres fra. Med procesvandet fjernes vandopløselige stoffer, og efter at stivelsen er udvundet, er der en restfraktion, som primært består af de vandopløselige proteinstoffer - majs gluten (Stensig et al., 1993).

I appendix 8 er vist en figur over de mange steps, der indgår i forarbejdningen af majs til bl.a. biproduktet majs gluten.

### 5.3.7. Sojaskrå og sojaskaller

De sojaskrå, vi anvender i Danmark, stammer især fra Argentina og i mindre omfang fra Brasilien og USA (FAOStat, 2016). Det er den forarbejdede skrå, der kommer til Danmark. Produktionsdata for dyrkning af sojabønner er i denne rapport hovedsagelig baseret på Agri-footprint og delvist på Dalgaard et al. (2008) (se tabel 37).

Ifølge Dalgaard et al. (2008) er der to afgrøder per år på 25% af sojaarealet, mens der kun høstes en gang per år ifølge Agri-footprint. I denne rapport er areal beregningerne baseret på estimatet fra Dalgaard et al. (2008), svarende til at der bruges et areal på 80% af det, som kan beregnes ud fra udbyttet per afgrøde. Klimabidrag fra ændring af kulstof i jord følger samme metode som for de danske afgrøder (Mogensen et al., 2014), men input af afgrøderester for sojabønner er bestemt vha. IPCC (2006) koefficienter. Ændring af N i jord er antaget at være 0.

**Tabel 37.** Input og output for dyrkning af 1 ha med sojabønner

	Sojabønner
Oprindelsesland	Argentina
<b>Input per ha</b>	
Handelsgødning, kg N	0
Handelsgødning, kg P	22
Handelsgødning, kg K	0
Udsæd, kg	70
Olie, smøremiddel, l	4
El til tørring, kWh	0
Diesel til markarbejde, l	44
Kalk, kg	400
<b>Output per ha</b>	
Nettoudbytte, kg	2610
Nettoudbytte, kg TS	2219
Halm udbytte nedmuldet, kg TS	3715
Totale afgrøderester (AG +BG), ton TS <sup>1)</sup>	5,2

1) Mængde af afgrøderester beregnes stemmer godt overens med mængden fra Marinussen et al., 2012b.

I tabel 38 er vist input og output ved forarbejdning af sojabønner til sojaskrå og -skaller vha. solvent extraction. Outputmængderne er fra Zeist et al. 2012a, der baseret på kilder fra USA, Brasilien og Argentina konkluderer, at der ikke er forskel på massebalancen i de forskellige produktionslande. I de danske LCAfood data (Nielsen et al., 2003) får man et output på 179 kg olie og 821 kg skrå (inklusive skaller), hvilket er i god overensstemmelse med ovenstående tal. Energiforbruget er baseret på data fra Holland fra Zeist et al. (2012a). Disse tal ligger 60% lavere end værdierne for resten af verden i Zeist et al. 2012a, men er i god

overensstemmelse med Dalgaard et al (2008). Ved anvendelse af massebalance og priser i tabel 38 fås, at 41% af belastningen går til olien, hvor det i Dalgaard et al. (2008) kun var 34%.

**Tabel 38.** Input og output ved forarbejdning af sojabønner til sojaskrå og -skaller

Foderemne	Sojaskrå	Sojaskaller
<b>Input</b>		
Sojabønner, kg	1000	1000
Vand, 1000 l	0,25	0,25
Varme, naturgas, MJ <sup>1)</sup>	720	720
El (Brasilien), kWh <sup>1)</sup>	35	35
Hexane, kg	0,8	0,8
<b>Transport fra gård til forarbejdning</b>		
Placering af gård	Argentina	Argentina
Placering af foderfabrik	Argentina	Argentina
Lastbil > 20 t, km <sup>2)</sup>	500	500
<b>Output</b>		
Produkt 1	Sojaskrå	Sojaskaller
Produkt 2	Sojaskaller	Sojaskrå
Produkt 3	Sojaolie	Sojaolie
Vægt produkt 1, kg <sup>3)</sup>	706	74
Vægt produkt 2, kg	74	706
Vægt produkt 3, kg	190	190
Vægt andet og tab, kg	30	30
Sum vægt i alt, kg	1000	1000
Værdi produkt 1, Euro/kg <sup>4)</sup>	0,249	0,125
Værdi produkt 2, Euro/kg	0,125	0,249
Værdi produkt 3, Euro/kg	0,689	0,689
<b>Økonomisk allokering:</b>		
Andel til produkt 1	0,56	0,03
Andel til produkt 2	0,03	0,56
Andel til produkt 3	0,41	0,41
<b>Andet output</b>		
Spildevandsrensning, 1000 kg	0,25	0,25

1) Energiforbruget er tallet fra Zeist et al (2012a) fra Holland

2) Dalgaard et al., 2008

3) Zeist et al. 2012a baseret på kilder fra USA, Brasilien og Argentina

4) Zeist et al., 2012a fra FAOstat priser fra 2004-08, prisen for skaller er antaget at være 50% af den for skrå

### 5.3.8. Vegetabilsk fedt; palmeolie, PFAD, forsæbet og mættet PFAD samt palmeskrå

På grund af den frivillige aftale om udeladelse af animalsk fedt i dansk kvægfoder, må der kun anvendes fedt af vegetabilsk oprindelse. Vegetabilsk fedt udgøres hovedsagelig af palmeolie eller PFAD (Palm Fatty Acid Destillate) dvs. palmeoliefedtsyrer. Palmefrugten består yderst, uden på den hårde skal af et fibrøst lag, hvori palmeolien findes. Efter fjernelse af det fibrøse lag knækkes nødderne, og de frigjorte palmekerner eksporteres til oliemøller. Palmekerneolie udvindes af palmekernerne ved forskellige kombinationer af mekanisk presning og ekstraktion med palmekage og -skrå som biprodukt. Palmefrugten giver altså to forskellige olier, palmeolie og palmekerneolie, som er ret forskellige i sammensætning og egenskaber. Palmeolien fra det yderste lag af palmefrugten har i modsætning til palmekerneolien en god fedtsyresammensætning, hvor palmekerneolie ligner kokosolie i fedtsyresammensætning. PFAD fremstilles ud fra palmeolie. Når fedtet spaltes til glycerin og de enkelte fedtsyrer fås restproduktet PFAD, der anvendes til foder (og andet). Forsæbet PFAD er baseret på palmeoliefedtsyrer (PFAD), som er bundet til kalcium. Derfor svarer fedtsyreindholdet i kalciumforsæbet fedt næsten 100 % til råfedtindholdet, og udgør 85% af produktet. Resten af produktet udgøres af kalcium.

Mættet fedt på det danske marked fremstilles nu udelukkende af vegetabiliske råvarer, hovedsaglig palmeolie. Det fremstilles f.eks. ved, at palmeoliefedtsyrer (PFAD) mættes (hydrogeneres). Når det er PFAD, der mættes, afspejler fedtsyrersammensætningen det oprindelige indhold i palmeolien, bortset fra at de umættede fedtsyrer; oliesyre (C18:1) og linolesyre (C18:2) er blevet mættet til stearinsyre (C18:0).

Ifølge FAOstat kommer det palmeolie og fedt vi anvender i Danmark hovedsagelig fra Indonesien (70%) og Malaysia (30%). Data til beregning af bidrag fra primær produktion (tabel 39) og forarbejdning af palmefrugt til palmeolie og palmekerne, og af palmeolie til raffineret palmeolie og restproduktet PFAD samt af palmekerne til palmeskrå og palmekerneolie (tabel 40) følger forudsætningerne fra Agri-footprint (Zeist et al., 2012a; Marinussen et al., 2012b). Data for den videre forarbejdning af PFAD til hhv. forsæbet og mættet PFAD følger oplysninger fra branchen i Danmark (tabel 41).

**Tabel 39.** Input og output for dyrkning af 1 ha med palmefrugt

	Palmefrugt
Oprindelsesland	Malaysia/Indonesien
Input per ha <sup>1)</sup>	
Handelsgødning, kg N	149
Handelsgødning, kg P	34
Handelsgødning, kg K	224
Olie, smøremiddel, l	12,9
Diesel til markarbejde, l	128,6
Kalk, kg	400
Pesticider (a.i.), kg	2,7
Output per ha	
Nettoudbytte, kg (30% TS) <sup>2)</sup>	21300
Emissioner per kg palmefrugt	
Klimaaftryk dyrkning, kg CO <sub>2</sub> -ækv.	0,169
Klimaaftryk fra tørvejord, kg CO <sub>2</sub> (%tørvejord) <sup>3)</sup>	0,613 (24,5)
Klimaaftryk fra regnskovsrydning, LUC direkte, kg CO <sub>2</sub> -ækv. <sup>4)</sup>	0,513
Klimaaftryk i alt, kg CO <sub>2</sub> -ækv.	1,29
Energiforbrug, MJ	0,795
Potentiel eutrofiering, g NO <sub>3</sub> -ækv.	32
Arealforbrug, m <sup>2</sup>	0,47

1) Marinussen et al., 2012b

2) FAOStat fra 2005-09 (FAO, 2013)

3) Vægtet gns. 11,8% tørvejord i Malaysia (30%) og 30% tørvejord i Indonesien (70%)

4) Vægtet 70% Indonesien og 30% Malaysia

Ved dyrkning af palmefrugt i plantager i Indonesien og Malaysia er der ud over klimabidraget fra selve dyrkningen også et stort klimaaftryk pga., at der er tale om dyrkning af tørvejord og hertil kommer klimaaftrykket fra direkte LUC i forbindelse med regnskovsrydning i Indonesien og Malaysia.

I Agri-footprint antages en årlig udledning fra dyrkning af tørvejord i Indonesien og Malaysia på 45 t CO<sub>2</sub>/ha tørvejord samt tilhørende N<sub>2</sub>O emission på 5,4 kg/ha tørvejord ved dyrkning af drænet tørvejord i tropenerne baseret på Hooijer et al. (2006). IPCC (2013) har fornylig opjusteret deres estimat herfor til samme niveau, 11 t C svarende til 40,3 t CO<sub>2</sub>, hvor de tidligere havde et betydeligt lavere estimat på 5,0 t C/ha (IPCC, 2013).

I Indonesien (ID) antages tørvejord at udgøre 30% af det areal, der er dyrket med palmetræer, hvilket giver, at der i gennemsnit årligt per ha med palmeplantage udledes 13,5 t CO<sub>2</sub> og 1,62 kg N<sub>2</sub>O. Tilsvarende i Malaysia (MY) antages 11,8% af det areal, der er dyrket med palmetræer at være tørvejord, hvilket giver at der i gennemsnit i MY per ha med palmeplantage udledes 5,31 t CO<sub>2</sub> og 0,637 kg N<sub>2</sub>O pga. dyrkning af tørvejord.



I følge oplysninger fra fedtbranchen i Danmark indkøbes PFAD (palmefedtsyredestillat) fra Hamburg. Den rå palmeolie er importeret fra Malaysia og raffineret i Hamburg. I forbindelse med raffineringen fjernes de frie fedtsyrer ved destillation. Transport fra Malaysia til Hamburg sker med tankskib, og transporten fra Hamburg til Danmark sker med termotransport på lastvogne. PFAD benyttes til produktion af kalciumforsæbet fedt, hvoraf PFAD udgør 87% af færdigvaren. Der bruges en del el til drift af anlægget. Forsæbning af fedtsyrerne sker ved reaktion med CaOH, og er en exotermisk proces. Varen fra denne proces fjernes efterfølgende med store mængder luft, hvorefter den knuses/formales, og dertil forbruges en del strøm.

Hærdet PFAD indkøbes fra Rotterdam. Varen produceres med udgangspunkt i PFAD, som produceres i Rotterdam og videreforarbejdes ved hærkning. Transporten af den hærkede PFAD sker i lighed med den almindelige PFAD med termotransport. Den hærkede PFAD anvendes til produktion af mættet fedt (min. 99% fedt i færdigvaren), som omdannes fra varm flydende fedt til køligt pulverfedt i spraytårne. Sprayprocessen er en krystalliseringsproces, altså der er tale om nedkøling på en luftstrøm. Der bruges lidt varme til vedligeholdelse af temperatur i den hærkede PFAD i tanke (opvarmningskilde er genvundne vegetabiliske olier). Desuden forbruges en del el til drift af anlægget, da der kræves meget luft og køling, for at sænke temperaturen fra ca. 70 grader C i den flydende vare til ca. 30 grader i den færdige pulvervare. Det har ikke været muligt at finde data for ekstra bidrag for termotransport, hvorfor dette bidrag ikke er medtaget i beregningerne.

**Tabel 40.** Input og output ved forarbejdning af 1: palmefrugt til palmeolie, palmekerne mm. 2: forarbejdning af palmeolie til raffineret palmeolie og restproduktet PFAD, og videre forarbejdning af PFAD til hhv. forsæbet og mættet PFAD, samt 3: forarbejdning af palmekerne til palmeskrå og palmekerneolie

Proces	1.Forarbejdning af palmefrugt	2a.Forarbejdning af palmeolie	2b. Forarbejdning af PFAD		3.Forarbejdning af palmekerne
	Palmeolie	PFAD <sup>1)</sup>	Forsæbet PFAD	Mættet PFAD	Palmeskrå
Input					<sup>2)</sup>
Palmebrugt (frisk), kg	1000				
Palmeolie		1080			
PFAD			870	1000	
Palmekerne					1000
Vand, 1000 l <sup>2)</sup>	0,7	0,130			
Varme, naturgas, MJ <sup>1+2)</sup>		316			
EI (Malaysia), kWh <sup>2+3)</sup>	0,22				420
EI (DE, NL, DK), kWh <sup>4)</sup>		29	28	28	
Diesel, l <sup>2)</sup>	0,85				
Hexane, kg					
Andre kemikalier, kg <sup>5)</sup>		14,4			
Ca(OH) <sub>2</sub>			130		
Transport fra gård til forarb.					
Placering af gård					
Placering af foderfabrik					
Lastbil > 20 t, km <sup>3)</sup>	15				
Output					
Produkt 1	Palmeolie	PFAD <sup>6)</sup>	Forsæbet PFAD	Mættet PFAD	Palmeskrå (expeller)
Produkt 2	Palmekerne	Palmeolie, raf.			Palmekerneolie
Produkt 3	Palmekernelskal				
Produkt 4	Rester <sup>7)</sup>				
Vægt produkt 1, kg <sup>2)</sup>	200	70	1000	1000	530
Vægt produkt 2, kg	55	1000			470
Vægt produkt 3, kg	65				
Vægt produkt 4, kg	1015				
Vægt andet og tab, kg	0				
Sum vægt i alt, kg	1335				1000
Værdi produkt 1, Euro/kg <sup>2)</sup>	2,354	632			0,284
Værdi produkt 2, Euro/kg <sup>2)</sup>	1,361	803			2,826
Værdi produkt 3, Euro/kg <sup>2)</sup>	0				
Værdi produkt 4, Euro/kg <sup>2)</sup>	0				
Økonomisk allokering:					
Andel til produkt 1	0,86	0,05	1	1	0,10
Andel til produkt 2	0,14	0,95			0,90
Andel til produkt 3	0				
Andel til produkt 4	0				
Andet output					
Metan, kg <sup>8)</sup>	6,5				
Spildevand, 1000 l	0,365				

1) Schneider & Finkbeiner, 2013 samt Agri-footprint

2) Zeist et al. 2012a

3) AgriFootprint

4) Data fra tabel 41. vedr. forarbejdning af PFAD

5) Andre kemikalier: 12 kg bleaching earth, 0,85 kg fosfor syre (85%), 1,5 kg nitrogen

6) Fatty acid destillates

7) Rester består af fiber 135 kg, tomme frugtskaller (EFB) 230 kg, spildevand fra palmeoliemøllen 650 kg (POME),

8) Emission af CH<sub>4</sub> stammer fra lagring og afbrænding af rester af tomme frugtskaller, fibre og nøddeskaller

Der er beregnet et gennemsnitligt energiforbrug til den videre forarbejdning af råvarer til fedtprodukter, da man ikke kan adskille elforbrug på hver produktionslinje. Det gennemsnitlige energiforbrug svarer til 27,8 kWh/t foder (Tabel 41).

**Tabel 41.** Gennemsnitligt energiforbrug til forarbejdning af råvarer til fedtprodukter baseret på masse- og miljøreddegørelse fra fedtbranchen i Danmark

	2014	2013	2012
Elforbrug kWh	733.322	615.199	508.850
Produceret tons	24.689	22.981	18.835
kWh/tons	29,7	26,8	27,0

### 5.3.9. Solsikkekage og -skrå

De solsikkeprodukter, der anvendes i Danmark kommer især fra Rusland og Ukraine. Agri-footprint har data for primær produktion af solsikke i Ukraine, og disse input output data (Tabel 42) er anvendt til LCA beregning efter samme metode som for de danske fodermidler. Der er også brugt de samme emissionskoefficienter, som for dansk dyrkede afgrøder.

**Tabel 42.** Input og output for dyrkning af 1 ha med solsikker i Ukraine

	Solsikkefrø
Input per ha	
Handelsgødning, kg N	66
Handelsgødning, kg P	24,4
Handelsgødning, kg K	23,5
Udsæd, kg	5
Kalk, kg	399,7
Olie, smøremiddel, l	11,8
El, kWh	305
Diesel til markarbejde, l	117,9
Output per ha	
Nettoudbytte, kg TS	1144
Nettoudbytte, kg	1244
Halm udbytte, kg TS <sup>1)</sup>	3024

<sup>1)</sup> Som estimat er antaget samme halmudbytte som for raps, samt at det nedmuldes

Data for fremstilling af solsikkekage, som restprodukt, når solsikkefrø presses til olie er baseret på Zeist et al (2012a). De har dog ikke kunnet finde eksakte litteraturværdier for massebalancen. Mængden af skaller, der bliver tilbage i kagen vil påvirke resultatet. Her er antaget, at skallerne er fjernet.

**Tablel 43.** Input og output ved forarbejdning af solsikkefrø til solsikkekage og -skrå

Foderemne (UK)	Solsikkekage (expeller)	Solsikkeskrå (meal)
Forarbejdning	Kold presning	Olie ekstraktion m. hexane
<b>Input</b>		
Solsikkefrø fra gård, kg <sup>1)</sup>	1000	1000
Vand, 1000 l	0	0,248
Varme, naturgas, MJ	0	500
El (dk), kWh <sup>1)</sup>	39	27
Hexane, kg		1
Transport fra gård til forarbejdning		
Placering af gård	Ukraine	Ukraine
Placering af foderfabrik	Ukraine	Ukraine
Lastbil > 20 t, km <sup>2)</sup>	285	285
<b>Output</b>		
Produkt 1	Solsikkekage <sup>3)</sup>	Solsikkeskrå
Produkt 2	Solsikkeolie	Solsikkeolie
Produkt 3 <sup>4)</sup>	Skaller	Skaller
Vægt produkt 1, kg <sup>3)</sup>	415	350
Vægt produkt 2, kg	220	285
Vægt produkt 3, kg <sup>3)</sup>	350	350
Vægt andet og tab, kg	10	15
Sum vægt i alt, kg	1000	1000
Værdi produkt 1, dollar/kg <sup>3)</sup>	0,207	0,207
Værdi produkt 2, dollar/kg	1,022	1,022
Værdi produkt 3, dollar/kg <sup>3+4)</sup>	0	0
Økonomisk allokering:		
Andel til produkt 1	0,28	0,20
Andel til produkt 2	0,72	0,80
Andel til produkt 3		
<b>Andet output</b>		
Affald til behandling, kg <sup>4)</sup>	350	350
Spildevandsrensning, 1000 kg		0,248

1) Data fra Zeist et al., 2012a

2) Agri-footprint

3) Skaller har ingen økonomisk værdi (Zeist et al., 2012a)

4) Den store mængde skaller, der ender som deponering har ifølge Agri-footprint et CF på 0,513 kg CO<sub>2</sub>-ækv. per kg affald.

### 5.3.10. Citruskvas

Citruskvas er et biprodukt fra fremstilling af juice af citrusfrugter (appelsin, citron, lime osv). Som restprodukter får man citrusskaller samt rester og cellevægge af selve frugten. Disse tørres, findeles og sælges som citruskvas. I følge fodermiddeltabellen (Møller et al., 2005) har tørret citruskvas et tørstofindhold på 90%.

Det har ikke været muligt at finde LCA data for citruskvas. I Agri-footprint er der et skøn for citruskvas, hvor der kun indgår energiforbruget til at tørre kvasen, baseret på data for at tørre roepulp. Ecoinvent giver data for dyrkning af citrus (grape, appelsin og mandarin) i Brasilien, hvor der er et udbytte på 35 t/ha/år baseret på Stoessel et al. (2012). Ecoinvents resultatet for citrusdyrkning anvendes i denne rapport som input for primærproduktion af citrus (tabel 44). Der er antaget, at der er kulstofbalance (dvs. at der intet klimabidrag er fra ændring i jorden C pulje) samt at der ikke er bidrag fra regnskovsrydning ( $LUC_{direkte}$ ).

**Tabel 44.** Bæredygtighedsresultater for citrusdyrkning (Ecoinvent, 2013), per 1 kg citrus

CF, kg CO <sub>2</sub> -ækv.	EP, g NO <sub>3</sub> -ækv.	NRE, MJ	Areal, m <sup>2</sup>
0,150	5,58	1,91	0,285

Massebalance og værdier til økonomisk allokering for forarbejdning af citrus til juice med biproduktet citruskvas er baseret på Knudsen et al. (2011), mens energiinput til tørring af citruskvas er fra Agri-footprint.

**Tabel 45.** Input og output ved forarbejdning af citrus til juice og biproduktet citruskvas

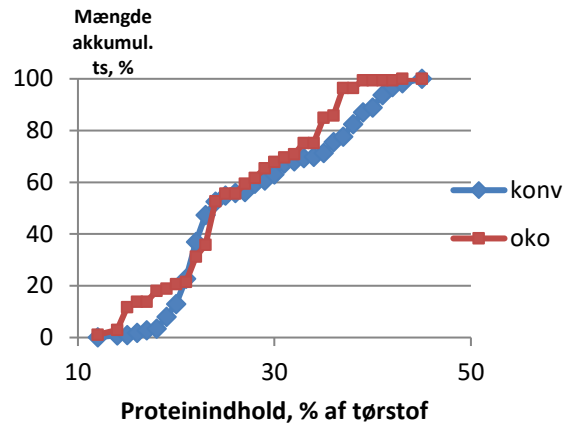
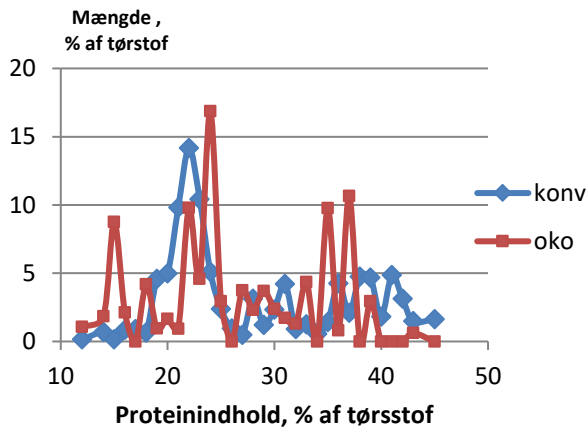
Foderemne	Citruskvas
<b>Input</b>	
Citrus fra gård, kg	1000
Tørring citruskvas: Varme, naturgas, MJ <sup>1)</sup>	743
Tørring citruskvas: El (Brasilien), kWh <sup>1)</sup>	16
Transport fra gård til forarbejdning	
Placering af gård	Brasilien
Placering af foderfabrik	Brasilien
Lastbil 10-20 t, km <sup>2)</sup>	120
<b>Output</b>	
Produkt 1	Citruskvas, tørret (91% ts)
Produkt 2	Juice
Produkt 3	Olie
Vægt produkt 1, kg <sup>2)</sup>	102
Vægt produkt 2, kg <sup>2)</sup>	714
Vægt produkt 3, kg <sup>2)</sup>	3,6
Økonomisk allokering:	
Andel til produkt 1 <sup>2)</sup>	0,03
Andel til produkt 2 <sup>2)</sup>	0,92
Andel til produkt 3 <sup>2)</sup>	0,05

1) Data fra Agri-footprint : input går 100% til tørring af citruskvas og fordeles derfor ikke til andre produkter

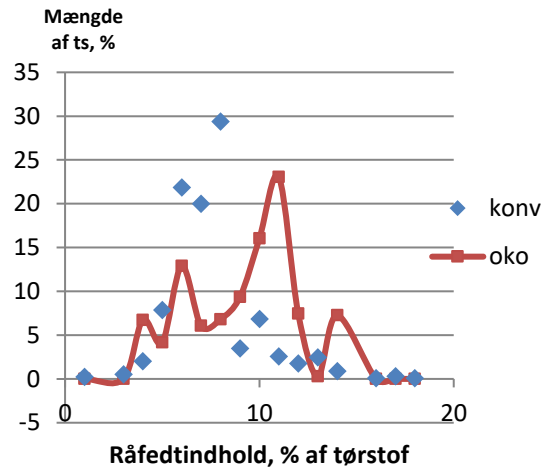
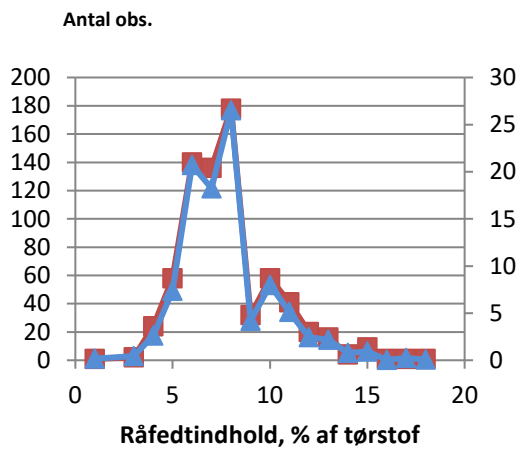
2) Knudsen et al., 2011. Den økonomiske allokering af input fra primærproduktion af citrus

#### 5.4. Typiske standard kraftfoderblandinger

Halvdelen af de anvendte kraftfoderblandinger til kvæg er standard kraftfoderblandinger og den anden halvdel er specialblandinger med enten et kendt råvareindhold eller et kendt næringsstofindhold (Nielsen, N.I., maj 2015 pers. com.). Kristensen (2015) har undersøgt indhold af protein og fedt i kraftfoderblandinger baseret på udtræk fra DMS-foderkontrol fra perioden november 2012 til april 2013. Der er én observation per besætning, og i alt 779 besætninger. Opgørelsen er fra gruppen af lakterende køer. I undersøgelsen ingik i alt 723 fodermidler, heraf 107 økologiske. Køerne fik 2,97 kg TS fra kraftfoderblandinger i gennemsnit per ko per dag, hhv. 3,05 kg TS i konventionelle og 2,53 kg TS i økologiske besætninger. I de konventionelle kraftfoderblandinger var der typisk et proteinindhold på enten 19-25% af TS (48% af blandingerne) eller fra 25-42% (42% af blandingerne) (Figur 1a). Tilsvarende var der i de konventionelle blandinger et råfedtindhold på 5-9% af TS (den blå top i figur 2a).



*Figur 1a og 1b. Oversigt over proteinindhold i kraftfoderblandinger brugt til lakterende køer*



*Figur 2a og 2b. Oversigt over fedtindhold i kraftfoderblandinger brugt til lakterende køer*

Baseret på oplysninger om råvaresammensætning i typiske kraftfoderblandinger til malkekøer fra de største danske foderstoffirmaer, er der opstillet 4 typiske kraftfoderblandinger til malkekøer, hvoraf den ene er en protein råvare mix som ses i tabel 46 (Nielsen, N.I., maj 2015 pers com).

**Table 46.** Fire typiske kraftfoderblandinger til malkekvæg, sammensætning i % af kg

Kraftfoderblanding Råvaresammensætning, % af kg	Fiberrig	Stivelsesrig	Proteinrig	Råvaremix
Byg-hvede 50/50	2	10	2	
Rug	16	26	7	
Majs		4		
Kornbærme	21	21	25	
Hvedeklid/glutenfoder	22	15		
Sojaskrå			2	49
Sojaskaller	15			
Solsikkekrå	5	5	2	
Rapskage	8	9	60	50
Palmekage	2	3		
Roepiller	5	2		
Citruskvas	2	2		
Veg fedt (Ca forsæbet PFAD)			0,5	
Melasse	1	1,5		1
Mineraler	1	1,5	1,5	
Sum kg	100	100	100	100
<b>Næringsstofindhold</b>				
Råprotein, g/kg TS	208	200	320	412
Fedtsyrer, g/kg TS	32,6	34,0	68,6	52,2
Råfedt, g/kg TS	45,8	46,6	87,5	70,7
Stivelse, g/kg TS	170	296	79	41
FE/kg TS	1,04	1,09	1,16	1,29
NEL20, MJ/kg TS	6,5	6,9	7,4	7,9
Tørstof, %	87,9	87,4	89,0	88,0



## 6. Resultater

### 6.1. Bæredygtighedsværdier for fodermidler

Bæredygtighedsværdier for de udvalgte fodermidler er vist per kg tørstof (TS) klar til opfodring i de følgende tabeller. I appendix 1 er bæredygtighedsværdierne endvidere også præsenteret per kg foder. Der er vist værdier for bæredygtighedsparametrene; klimaaftryk, potentiel eutrofiering, fossilt energiforbrug, arealforbrug og påvirkning af biodiversiteten. Vil man således beregne for eksempel et klimaaftryk fra produktionen af en dagsration bestående af 10 kg TS kløvergræs ensilage, 5 kg TS byg kerne og 5 kg TS rapskage, finder man for hvert foderemne værdien for klimaaftryk per kg TS foder i tabel 47-51 og ganger med mængden af hvert foderemne.

Man skal være opmærksom på, at klimaaftryk (CF) er præsenteret som de enkelte bidrag fra dyrkning, forarbejdning, transport, og kulstofomsætning i jorden 'C i jord'. Klimaaftryk fra regnskovsrydning er vist med to metoder hhv. 'LUC<sub>indirekte</sub>' og 'LUC<sub>direkte</sub>'. Det samlede klimaaftryk præsenteres på fire måder; 'CF ekskl. C i jord og LUC' dvs. kun bidrag fra dyrkning, forarbejdning, transport. 'CF inkl. C i jord' dvs. bidrag fra dyrkning, forarbejdning, transport samt C i jord, og endelig 'CF inkl. C i jord og LUC<sub>indirekte</sub>' eller 'CF inkl. C i jord og LUC<sub>direkte</sub>' er det samlede bidrag fra dyrkning, forarbejdning, transport, C i jord og LUC opgjort enten ved den direkte eller indirekte metode.

Potentiel eutrofiering (EP) er præsenteret som de enkelte bidrag fra dyrkning, forarbejdning, transport efterfulgt af det samlede eutrofieringspotentiale 'EP'.

På tilsvarende måde er energiforbruget (NRE) præsenteret som de enkelte bidrag fra dyrkning, forarbejdning, transport efterfulgt af det samlede energiforbrug 'NRE'. Derudover er energiforbruget fra dyrkning opdelt på 'bidrag fra diesel', 'bidrag fra vanding og tørring' samt 'bidrag fra handelsgødningsfremstilling'

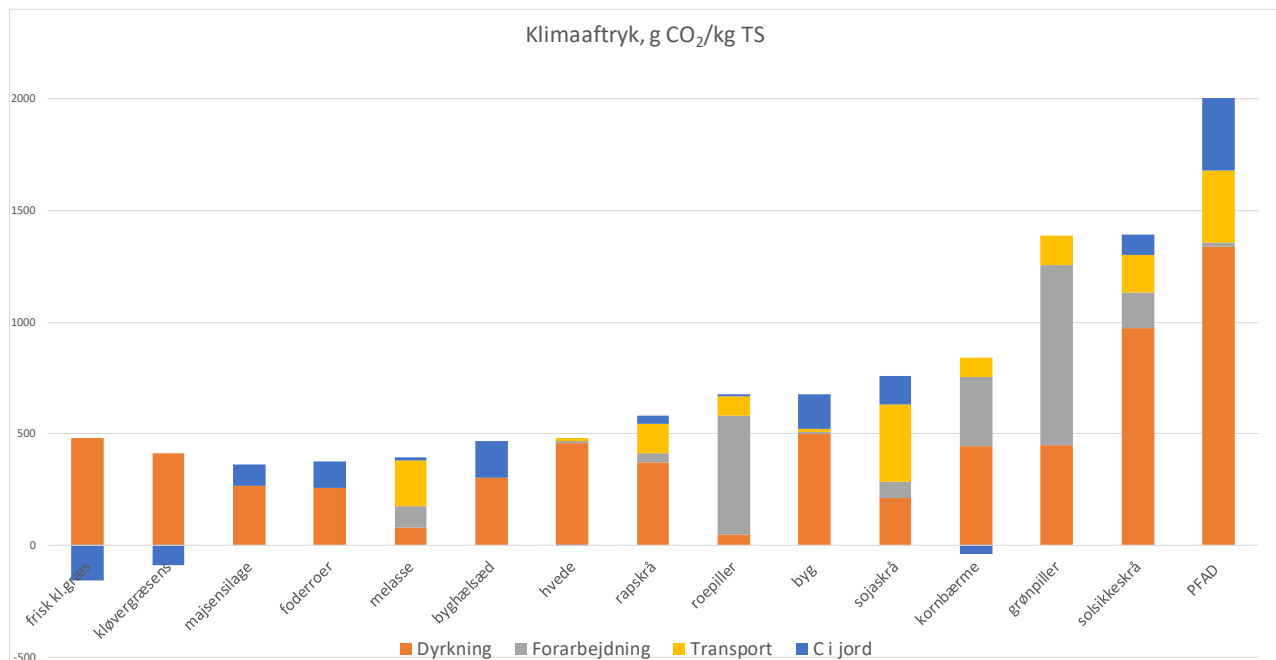
Arealforbruget er præsenteret som 'm<sup>2</sup>' der skal til at dyrke 1 kg TS af foderemnet.

Påvirkning af biodiversiteten (BD) ved dyrkning af 1 kg TS foder er præsenteret som PDF-index, hvilket er den gennemsnitlige PDF-faktor for 1 m<sup>2</sup> med afgrøden ganget med arealforbrug i m<sup>2</sup> til at dyrke 1 kg TS af afgrøden. Man skal huske, at PDF faktoren udtrykker tab af biodiversitet, dvs. et negativt tal som for græs svarer til en forbedret biodiversitet i forhold til naturskov, mens et positivt tal svarer til et tab af BD.

Disse bæredygtighedsparametre er blevet kvantificeret for i alt 43 fodermidler, herunder 8 typer korn og halm, 9 typer grovfoder og 26 typer biprodukter mm. Generelt kan man se, at værdierne for klimaaftryk og potentiel eutrofiering og ofte også energiforbrug er stærkt korrelerede. Dvs. et fodermiddel har typisk høje værdier for alle tre indikatorer. Omvendt er korrelationen mellem disse tre bæredygtighedsparametre og arealanvendelse samt biodiversitet generelt lav.

Bæredygtigheden ved at producere 1 kg TS af grovfoder er generelt højere end ved at producere 1 kg TS korn eller kraftfoder. For eksempel har både kløvergræsensilage og majsensilage lave klimaaftryk (hhv. 328 og 359 g CO<sub>2</sub>-ækv./kg TS) sammenlignet med f.eks. byg. De to afgrøder ender på samme niveau, når der er taget højde for, at dyrkning af kløvergræs har en positiv effekt på kulstofindlejring, mens dyrkning af majsensilage giver en tilsvarende frigivelse af kulstof fra jorden. Endvidere giver dyrkning af græs en mere positiv effekt på biodiversiteten end dyrkning af andre former for grovfoder.

Korn, rapsskrå og sojaskrå har klimaaftryk fra 480-760 g CO<sub>2</sub>-ækv./kg TS. Klimaaftrykket for sojaskrå er højere end det for rapsskrå, når man beregner per kg TS, men tages der højde for det højere energiindhold i sojaskrå er det tæt på samme niveau – før der tages hensyn til bidrag fra regnskovsrydning. Hvis man indregner bidrag fra regnskovsrydning som LUC<sub>direkte</sub> bliver klimaaftrykket for sojaskrå meget højt. Kornbærme og grønpiller har høje klimaaftryk, især pga. høje bidrag fra forarbejdning. Alle fedtprodukter og solsikkekrå ligger ligeledes højt mht. klimaaftryk, de har alle et stort bidrag fra dyrkning.



**Figur 3.** Klimaaftryk for udvalgte fodermidler, uden bidrag fra LUC

I tabel 47 ses bæredygtighedsparametre for korn, rapsfrø og halm. Klimaaftrykkene for korn (inklusive bidrag fra ændring i C i jord) ligger fra 479 til 711 g CO<sub>2</sub>-ækv./kg TS, rapsfrø på 1031 og halm på 59-71 g CO<sub>2</sub>-ækv./kg TS. Arealforbruget til dyrkning af korn varierer fra 1,6 til 2,5 m<sup>2</sup>/kg TS, for rapsfrø er det 2,9 m<sup>2</sup>/kg TS og for halm på 0,1 m<sup>2</sup>/kg TS. Dyrkning af korn, rapsfrø og halm giver i alle tilfælde anledning til tab af biodiversitet i forhold til at lade arealet være naturskov- beregnet per kg TS ses det lavest BD tab for halm (PDF=0,1), for korn er tabet 1,1-1,7, og det største BD tab ses for rapsfrø på 2,0, hvilket kan forklares med et større arealforbrug per kg TS.

I tabel 48 ses bæredygtighedsparametre for dyrkning af grovfoder. Klimaaftrykkene (inklusive bidrag fra ændring i C i jord) ligger fra 154 til 553 g CO<sub>2</sub>-ækv./kg TS, højest for kolbemaajs og lavest for vedvarende græs. Arealforbruget til dyrkning af grovfoder varierer fra 0,8 til 14,4 m<sup>2</sup>/kg TS, for hhv. roer og naturgræs. Vedvarende græs og naturgræs giver en positiv effekt på biodiversiteten, mens de øvrige foderemner giver et tab, størst for kolbemaajs (PDF=1,1) pga. et stort arealforbrug og tæt på 0 for dyrkning af græs og kløvergræs (PDF=0,1).

I tabel 49 ses bæredygtighedsparametre for bi-produkter fra raps, korn, græs og sukkerroedyrkning. Klimaaftrykkene (inklusive bidrag fra ændring i C i jord) ligger fra 221 til 1288 g CO<sub>2</sub>-ækv./kg TS, højest for grøn-piller og lavest for HP-pulp. Arealforbruget varierer fra 0,2 til 1,5 m<sup>2</sup>/kg TS, for hhv. pulp/roepillerroer og kornbærme. Sukkerroebiprodukterne har meget lille effekt på BD, mens BD tabet er størst for kornbærme og rapskage og -skrå (PDF=1,0).

I tabel 50 ses bæredygtighedsparametre for bi-produkter fra dyrkning af sojabønner og solsikker, samt fra ølbrygning. Klimaaftrykkene (inklusive bidrag fra ændring i C i jord) ligger fra 53 til 1956 g CO<sub>2</sub>-ækv./kg TS, højest for solsikkefrø og lavest for frisk mask. Arealforbruget varierer fra 0,1 til 8,7 m<sup>2</sup>/kg TS, for hhv. mask og solsikkefrø, denne variation genfindes i effekt på BD, hvor der er lille effekt fra mask (PDF=0,1) og stor effekt fra solsikker (PDF=5,9), pga. det store arealforbrug.

I tabel 51 ses bæredygtighedsparametre for forskellige vegetabiliske fedtprodukter, citruskvas samt majsprodukter. Klimaaftrykkene (inklusive bidrag fra ændring i C i jord) ligger fra 621 til 4574 g CO<sub>2</sub>-ækv./kg TS, højest for palmeolie, hvor der også er et stort bidrag pga. dyrkning af tørvejord (indregnet under ændring af C i jord) og lavest for majskerne. Arealforbruget varierer fra 0,3 til 2,0 m<sup>2</sup>/kg TS, for hhv. palmekage og palmeolie, denne variation genfindes i effekt på BD, hvor der er lille effekt fra palmekage (PDF=0,2) og en større effekt fra palmeolie (PDF=1,4), pga. det store arealforbrug.

**Tabel 47.** Bæredygtighedsværdier for danskproduceret korn og raps, per kg tørstof (TS) foder

	Byg kerne	Hvede kerne	Havre kerne	Rug kerne	Triticale kerne	Rapsfrø	Byg halm	Hvede halm
<b>Klimaaftryk (CF), g CO<sub>2</sub>-ækv.</b>								
Dyrkning	501	459	490	552	614	855	47	43
Forarbejdning	8	8	8	8	8	0	0	0
Transport	13	13	13	13	13	64	13	13
C i jord	154	-1	126	53	76	112	11	3
LUC indirekte	315	224	354	312	318	421	30	21
LUC direkte	0	0	0	0	0	0	0	0
I alt CF ekskl. C i jord og LUC	522	480	511	573	635	920	60	56
I alt CF inkl. C i jord	676	479	637	626	711	1031	71	59
I alt CF inkl. C i jord og LUC <sub>indirekte</sub>	991	703	991	938	1028	1453	100	80
I alt CF inkl. C i jord og LUC <sub>direkte</sub>	676	479	637	626	711	1031	71	59
<b>Potentiel eutrofiering (EP), g NO<sub>3</sub>-ækv.</b>								
Dyrkning	69	39	64	70	91	112	6	4
Forarbejdning	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0
Transport	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1,0	0	0
I alt EP	69	39	64	69	91	113	6	4
<b>Energiforbrug (NRE), MJ</b>								
Dyrkning	2,5	2,2	2,5	2,6	2,8	4,1	0,2	0,2
Forarbejdning	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0
Transport	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,9	0	0
I alt NRE, MJ	2,8	2,5	2,8	3,0	3,2	5,0	0,2	0,2
<i>NRE dyrkning fra diesel</i>	<i>0,7</i>	<i>0,6</i>	<i>0,7</i>	<i>0,8</i>	<i>0,8</i>	<i>1,0</i>	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>
<i>NRE dyrkning fra vanding og tørring</i>	<i>0,3</i>	<i>0,3</i>	<i>0,3</i>	<i>0,3</i>	<i>0,3</i>	<i>0,3</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>NRE dyrkning fra gødningsproduktion</i>	<i>1,5</i>	<i>1,3</i>	<i>1,4</i>	<i>1,5</i>	<i>1,7</i>	<i>2,8</i>	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>
<b>Arealforbrug, m<sup>2</sup></b>	2,20	1,57	2,47	2,18	2,22	2,94	0,21	0,15
<b>Biodiversitet, PDF-index</b>	1,50	1,07	1,68	1,48	1,51	2,00	0,14	0,10
Andel dansk	1	1	1	1	1	0,7	1	1

**Tabel 48.** Bæredygtighedsværdier for dansk produceret grovfoder, per kg tørstof (TS) foder

	Byg helsæd	Kl græs ens.	Kl græs afgræs.	Græs ens.	Vedv græs afgræs.	Naturgræs afgræs.	Majs ens.	Majs- kolbe	Roer (rod)
<b>Klimaaftryk (CF), g CO<sub>2</sub>-ækv.</b>									
Dyrkning	304	418	522	532	199	319	263	436	256
Forarbejdning	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transport	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C i jord	165	-90	-159	-110	-45	1	96	117	38
LUC indirekte	218	177	224	157	0	0	144	240	118
LUC direkte	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I alt CF ekskl. C i jord og LUC	304	418	522	532	199	319	263	436	256
I alt CF inkl. C i jord	469	328	363	422	154	320	359	553	294
I alt CF inkl. C i jord og LUC <sub>indirekte</sub>	687	505	587	579	154	320	504	793	412
I alt CF inkl. C i jord og LUC <sub>direkte</sub>	469	328	363	422	154	320	359	553	294
<b>Potentiel eutrofiering (EP), g NO<sub>3</sub>-ækv.</b>									
Dyrkning	30	31	47	31	6	29	30	74	16
Forarbejdning	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transport	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I alt EP	30	31	47	31	6	29	30	74	16
<b>Energiforbrug (NRE), MJ</b>									
Dyrkning	1,7	2,0	2,1	2,5	0,9	1,7	1,5	2,3	1,3
Forarbejdning	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transport	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I alt NRE, MJ	1,7	2,0	2,1	2,5	0,9	1,7	1,5	2,3	1,3
<i>NRE dyrkning fra diesel</i>	<i>0,5</i>	<i>0,3</i>	<i>0,06</i>	<i>0,4</i>	<i>0,10</i>	<i>0,3</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,3</i>
<i>NRE dyrkning fra vanding og tørring</i>	<i>0,1</i>	<i>0,2</i>	<i>0,2</i>	<i>0,1</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>	<i>0</i>
<i>NRE dyrkning fra gødningsprod.</i>	<i>1,1</i>	<i>1,4</i>	<i>1,8</i>	<i>2,0</i>	<i>0,8</i>	<i>1,3</i>	<i>1,0</i>	<i>1,6</i>	<i>0,9</i>
<b>Arealforbrug, m<sup>2</sup></b>	1,52	1,23	1,56	1,10	3,99	14,36	1,01	1,68	0,82
<b>Biodiversitet, PDF-index</b>	1,04	0,11	0,14	0,10	-0,92	-4,88	0,69	1,14	0,56
Andel dansk	1	1	1	1	1	1	1	1	1

**Tabel 49. Bæredygtighedsværdier for importeret foder og bi-produkter per kg tørstof (TS) foder**

	Raps- kage	Raps- skrå	Hvede- klid	Kornbærme DDGS (90%TS)	Grøn- Piller	Melasse	Pulp frisk (roeaffald)	HP- pulp, presset	Røe- piller
<b>Klimaaftryk (CF), g CO<sub>2</sub>-ækv.</b>									
Dyrkning	422	370	243	445	450	80	46	46	46
Forarbejdning	17	41	38	310	804	95	55	55	533
Transport	71	134	89	84	132	204	137	112	87
C i jord	44	38	-22	-39	-98	13	8	8	8
LUC indirekte	209	182	118	217	192	48	28	28	28
LUC direkte	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I alt CF ekskl. C i jord og LUC	510	544	370	839	1386	379	238	213	667
I alt CF inkl. C i jord	554	582	348	800	1288	393	247	221	675
I alt CF inkl. C i jord og LUC <sub>indirekte</sub>	763	765	467	1016	1480	441	275	249	703
I alt CF inkl. C i jord og LUC <sub>direkte</sub>	554	582	348	800	1288	393	247	221	675
<b>Potentiel eutrofiering (EP), g NO<sub>3</sub>-ækv.</b>									
Dyrkning	56,3	49,3	21,6	39,5	33	2,7	1,5	1,5	1,6
Forarbejdning	0,2	0,3	1,3	1,7	9	0,3	0,2	0,2	1,6
Transport	1,0	2,1	1,1	1,0	1,9	4,7	1,5	1,2	1,7
I alt EP	57,5	51,7	24,0	42,3	44	7,7	3,2	2,9	4,9
<b>Energiforbrug (NRE), MJ</b>									
Dyrkning	2,0	1,7	1,1	2,0	2,2	0,4	0,2	0,2	0,2
Forarbejdning	0,2	0,6	0,7	6,9	8,4	1,8	1,0	1,0	9,7
Transport	1,0	1,9	1,3	1,2	1,9	3,0	1,9	1,6	1,3
I alt NRE, MJ	3,3	4,3	3,0	10,1	12,4	5,2	3,2	2,8	11,2
<b>Arealforbrug, m<sup>2</sup></b>	1,46	1,28	0,83	1,51	1,34	0,34	0,20	0,19	0,20
<b>Biodiversitet, PDF-index</b>	0,99	0,87	0,56	1,03	0,12	0,20	0,10	0,10	0,10
Andel dansk	0,70	0	0	0	0,20	0,10	1,00	1,00	0,53

**Tabel 50.** Bæredygtighedstal for importeret foder og bi-produkter per kg tørstof (TS) foder

	Maltspirer	Mask, frisk	Mask, tørret	Sosikke- frø	Sosikke- kage	Sosikke- skrå	Soja- bønner	Soja- skrå	Soja- skaller
<b>Klimaaftryk (CF), g CO<sub>2</sub>-ækv.</b>									
Dyrkning	84	28	28	1654	1092	973	279	214	107
Forarbejdning	22	1	516	0	147	161	0	69	35
Transport	8	16	4	143	162	166	371	348	326
C i jord	30	8	8	159	105	94	168	129	65
LUC indirekte	53	14	14	1250	825	735	564	432	217
LUC direkte	0	0	0	0	0	0	5272	4085	2077
I alt CF ekskl. C i jord og LUC	114	46	548	1797	1402	1300	650	632	468
I alt CF inkl. C i jord	144	53	556	1956	1507	1394	818	760	532
I alt CF inkl. C i jord og LUC <sub>indirekte</sub>	197	67	569	3206	2332	2129	1382	1193	749
I alt CF inkl. C i jord og LUC <sub>direkte</sub>	144	53	556	1956	1507	1394	6090	4845	2609
<b>Potentiel eutrofiering (EP), g NO<sub>3</sub>-ækv.</b>									
Dyrkning	11,4	2,9	2,9	204	135	120	13,1	10,1	5,0
Forarbejdning	0,1	0	1,6	0	1	1	0	0,4	0,2
Transport	0,1	0,2	0,1	3,3	3,5	3,6	5,4	5,1	4,9
I alt EP	11,5	3,1	4,5	208	139	125	18,6	15,6	10,1
<b>Energiforbrug (NRE), MJ</b>									
Dyrkning	0,4	0,2	0,2	10,3	6,8	6,1	1,5	1,1	0,6
Forarbejdning	0,4	0,0	9,3	0,0	0,5	0,9	0	0,9	0,5
Transport	0,1	0,2	0,1	2,1	2,4	2,5	5,2	4,9	4,6
I alt NRE, MJ	1,0	0,5	9,6	12,4	9,7	9,4	6,7	7,0	5,6
<b>Arealforbrug, m<sup>2</sup></b>	0,37	0,09	0,09	8,7	5,8	5,1	3,94	3,02	1,52
<b>Biodiversitet, PDF-index</b>	0,3	0,1	0,1	5,94	3,93	3,5	2,7	2,1	1,0
Andel dansk	1,00	1,00	1,00	0	0	0	0	0	0

**Tabel 51.** Bæredygtighedstal for importeret foder og bi-produkter per kg tørstof (TS) foder

	Majs-kerne	Majs-gluten	Citrus-kvas	Palmeolie	PFAD	Ca forsæbet PFAD	Mættet PFAD	Palme-kage
<b>Klimaaftryk (CF), g CO<sub>2</sub>-ækv.</b>								
Dyrkning	437	1439	48	729	1286	1164	1338	196
Forarbejdning	0	628	562	852	51	279	16	95
Transport	120	277	289	349	323	323	323	368
C i jord	64	76	0	2645	2131	1854	2131	324
LUC indirekte	187	221	13	290	234	203	234	36
LUC direkte	0	0	0	1933	1557	1355	1557	271
I alt CF ekskl. C i jord og LUC	557	2344	899	1930	1661	1766	1677	659
I alt CF inkl. C i jord	621	2419	899	4574	3792	3620	3807	983
I alt CF inkl. C i jord og LUC <sub>indirekte</sub>	808	2640	912	4864	4025	3823	4041	1018
I alt CF inkl. C i jord og LUC <sub>direkte</sub>	621	2419	899	6507	5349	4975	5364	1254
<b>Potentiel eutrofiering (EP), g NO<sub>3</sub>-ækv.</b>								
Dyrkning	58,7	77,9	1,8	138,1	113,0	98,9	113,7	17,2
Forarbejdning	0,0	7,5	1,3	2,0	0,7	1,0	0,2	0,2
Transport	1,9	4,7	4,4	5,3	4,7	4,7	4,7	5,6
I alt EP	60,6	90,1	7,4	145,4	118,5	104,7	118,6	23,1
<b>Energiforbrug (NRE), MJ</b>								
Dyrkning	2,2	15,0	0,6	3,4	3,4	3,9	4,5	0,5
Forarbejdning	0	8,8	10,0	0,6	1,1	7,1	0,2	1,5
Transport	1,7	3,9	4,1	4,9	4,5	4,5	4,5	5,2
I alt NRE, MJ	3,9	27,8	14,7	8,9	9,0	15,6	9,3	7,2
<b>Arealforbrug, m<sup>2</sup></b>	1,31	1,50	0,09	2,03	1,63	1,42	1,63	0,25
<b>Biodiversitet, PDF-index</b>	0,89	1,05	0,06	1,38	1,11	0,97	1,11	0,17
Andel dansk	0,20	0	0	0	0	0	0	0



## 6.2. Bæredygtighedsværdier for typiske kraftfoderblandinger til malkekvæg

I tabel 52 er vist bæredygtighedsværdier for de fire typiske kraftfoderblandinger, der blev defineret i afsnit 5.4.

Klimaaftrykket per kg TS, før man indregner bidrag fra C i jord og LUC er stort set ens for de tre første kraftfoderblandinger, men 7% lavere for råvaremix af sojaskrå og rapskage. Dette klimatryk bliver lavere på grund af lave bidrag fra dyrkning og forarbejdning og på trods af et højere bidrag fra transport.

Men når bidrag fra C i jord indregnes bliver klimaaftrykket fra Råvaremix på niveau med det fra de tre andre blandinger. Fodermidlerne kornbærme og hvedeklid udgør en betydelig del af foderet i hhv. de 3 og 2 første rationer. Begge fodermidler er baseret på hvededyrkning og forårsager indlejring af C i jorden, dels pga. nedmuldet halm og dels pga. afgrøderester i form af stor rodmasse i hvede. Sojadyrkning giver frigivelse af kulstof, selv om halmen antages nedmuldet. Det skyldes en noget mindre rodmasse, og at kulstof frigives hurtigere fra en tropisk mark sammenlignet med en dansk mark.

Her ses tydeligt, hvor stor betydning det får for klimaresultatet om bidrag fra regnskovsrydning medtages ens for alle afgrøder i forhold til det areal, som afgrødedyrkningen beslaglægger ( $LUC_{\text{indirekte}}$ ) eller klimaaftryk fra regnskovsrydning udelukkende tilfalder de afgrøder, her soja og palme, der dyrkes der, hvor rydningen er sket for nylig ( $LUC_{\text{direkte}}$ ). Klimaaftryk med C i jord og  $LUC_{\text{indirekte}}$  bliver for Råvaremix, der indeholder 49% sojaskrå, 13% højere end Fiberrig, mens CF med C i jord og  $LUC_{\text{direkte}}$  bliver hele 176% højere.

Der skal det mindste areal til at dyrke 1 kg tørstof af Fiberrig og 47% større areal til at dyrke Råvaremix pga. de lave udbytter i raps og sojabønner. Det betyder også, at dyrkning af denne Råvaremix giver det største biodiversitetstab, da alle fodermidler, der indgår i disse kraftfoderblandingerne har negativ effekt på biodiversiteten, og når dyrkningen samtidig beslaglægger et forholdsvis stort areal tæller det ekstra negativt.

Råvaremix klarer sig bedre end de andre kraftfoderblandinger mht. bidrag fra potentiel eutrofiering. Det skyldes især, at sojabønner dyrkes uden input af N-gødning, hvorved det samlede N-input fra kvælstoffiksering, N-deposition og udsæd er i balance med N bortført i høstede sojabønner. Herved bliver der ikke noget N-overskud eller teoretisk risiko for udvaskning.

**Tabel 52.** Bæredygtighedsværdier for fire typiske kraftfoderblandinger til malkekvæg

Kraftfoderblanding	Fiberrig	Stivelsesrig	Proteinrig	Råvaremix
Klimaaftryk (CF), g CO <sub>2</sub> -ækv.				
Dyrkning	355	441	450	318
Forarbejdning	134	114	97	43
Transport	124	79	78	207
C i jord	23	31	38	85
LUC <sub>indirekte</sub>	219	240	235	316
LUC <sub>direkte</sub>	320	9	89	1988
I alt CF ekskl. C i jord og LUC	613	634	625	568
<i>Relativ</i>	100	103	102	93
I alt CF inkl. C i jord	636	665	663	653
<i>Relativ</i>	100	105	104	103
I alt CF inkl. C i jord og LUC <sub>indirekte</sub>	855	905	898	969
<i>Relativ</i>	100	106	105	113
I alt CF inkl. C i jord og LUC <sub>direkte</sub>	956	679	753	2641
<i>Relativ</i>	100	71	79	276
Arealforbrug, m <sup>2</sup>	1,50	1,70	1,60	2,20
<i>Relativ</i>	100	113	107	147
Potentiel eutrofiering, g NO <sub>3</sub> -ækv./kg	40	51	55	37
<i>Relativ</i>	100	128	138	91
Energiforbrug (NRE), MJ/kg	6,1	5,5	5,3	5,1
<i>Relativ</i>	100	90	87	84
Biodiversitet PDF-index	1,04	1,14	1,12	1,50
<i>Relativ</i>	100	110	108	144

### 6.3. Betydning af foderrationens sammensætning for mælkenes klimaaftryk og andre bæredygtighedsparametre

I dette afsnit beregnes klimaaftrykket fra produktion af foder til forskellige type-rationer ligesom køernes metanproduktion relateret til foderrationerne indregnes. Hermed er de væsentligste bidragsydere til køernes drivhusgasemission inkluderet i form af bidrag fra foder og metan. Her er ikke medtaget det klimabidrag, der kommer fra produktion af husdyrgødning. Da forskelle i foderrationer kan give forskelle i gødningsproduktionen, kan dette give anledning til en mindre forskel i klimabidraget herfra. Klimaaftrykket bliver udtrykt både absolut per ko per dag og per kg EKM produceret.

### 6.3.1. Metode

I det følgende redgøres kort for, hvordan klimaaftrykket er beregnet, og hvordan rationerne er fremkommet.

#### *Fodermidler*

De rapporterede klimaaftryk per fodermiddel (se afsnit 6.1) er anvendt additivt til beregning af rationens klimaaftryk. Der er til denne beregning endvidere estimeret klimaaftryk for udvalgte økologiske fodermidler. De anvendte forudsætninger for disse beregninger fremgår af appendix 9. Klimaaftrykket for de fodermidler, som er anvendt i beregningerne inkluderer klimaaftryk fra dyrkning, forarbejdning (tørring, formaling, etc), transport og kulstofændringer i jord, svarende til "I alt CF inkl. C i jord" i resultatet tabellerne. Der er således ikke medtaget klimaaftryk fra ændringer i arealanvendelse..

#### *Metan*

Metan emission fra køernes omsætning af foderet (enterisk) estimeres i NorFor ved brug af følgende ligning (Nielsen et al., 2013):

$$\text{Metanproduktion (MJ/dag)} = 1,39 \cdot \text{TS-optag (kg/dag)} - 0,091 \cdot \text{fedtsyre (g/kg TS)}$$

#### *Rationer*

Rationerne er i udgangspunktet optimeret efter anbefalingerne i DMS-NorFor, dvs. efter 100% energibalance, minimum 15 g AAT/MJ, minimum 10 g PBV/kg TS, minimum 20 g fedtsyrer/kg TS og fyldesystemet. Eneste undtagelse er Vombelastningsindekset, hvor maximum blev ændret til 0,5.

Der er defineret fem rationer:

- én "standard",
- én med biprodukter i form af mask og HP-pulp,
- én hvor grovfoderet primært består af majsensilage,
- én hvor fodermidlerne er valgt ud fra lavt klimaaftryk fra foderproduktionen, samt
- en økologisk ration.

Der er optimeret efter et ydelsesniveau på 10.500 kg EKM i en Holstein besætning, hvilket i DMS betyder, at der optimeres en ration til en ældre ko med en daglig ydelse på 36,7 kg EKM.

I rationerne er der lagt få begrænsninger ind på visse fodermidler, fx i standard-rationen er der et maksimum på 5,0 kg TS kløvergræsensilage samt minimum 1 kg TS sojaskrå, for at sikre at rationen bliver repræsentativ. I "biprodukt" rationen og rationen med "lavt klimaaftryk" blev mask og HP-pulp låst til 2 kg TS/ko/dag for at

repræsentere et typisk forbrug. Der er kun anvendt råvarer og grovfoder, dvs. ingen kraftfoderblandinger og rationerne er ikke afstemt med mineraler. Kløvergræs- og majsensilage er af medium kvalitet karakteriseret ved en organisk stof fordøjelighed på hhv. 76,2 og 76,8 % svarende til 6,03 og 6,28 MJ NEL20/kg TS. Den økologiske kløvergræsensilage, der blev anvendt, havde en NEL20 værdi, som var 0,2 MJ/kg TS lavere end den konventionelle baseret på forskelle i kløvergræsanalyser i 2016 (Thøgersen og Kjeldsen, 2017). Endvidere viser foderkontroller fra 181 økologiske og 1589 konventionelle besætninger med stor race i 2016, at økologiske køer æder 8% mere end NorFor's foderoptagelseskapacitet tilsiger og at deres energjudnyttelse er 3 procentenheder ringere end konventionelle køer (Anonym, 2017). Derfor er der i den økologiske ration optimeret en ration med en fyldebalance på 108% og en energibalance på 103%, samt minimum 60% grovfoder i overensstemmelse med de økologiske regler.

### 6.3.2. Klimaaftryk og andre bæredygtighedsparametre fra forskellige rationer

De fem foderrationers sammensætning fremgår af tabel 53. Tørstofoptaget på knap 24 kg tørstof er meget konstant på tværs af rationerne, dog er den økologiske ration er den eneste, som medfører et lidt højere optag på 25,4 kg TS. Fedtsyreniveauet er højest i rationen med "lavt klimaaftryk" pga. brug af foderfedt, hvilket giver 45 g fedt/kg TS. Den økologiske ration har det laveste fedtsyreniveau på 26 gram fedtsyrer pr kg TS. Rationen med lavt klimaaftryk har den højeste grovfoderandel med knap 65%, mens de andre ligger på ca. 60%. Det skyldes, at NorFor definerer HP-pulp som grovfoder.

De forskellige rationer varierer i estimeret metan udskillelse fra 522 til 592 g/ko/dag, hvor den økologiske ration ligger højest. Rationen med fodermidler med lavt klimaaftryk er den ration, der giver den laveste metan produktion (5% lavere), fordi den indeholder 45 g fedtsyrer/kg TS mod 27 g/kg TS i standardrationen. Ud over TS optagelse påvirker fedtsyreindholdet ifølge formlen af Nielsen et al. (2013) metanproduktionen. Hvis man ser bort fra rationen med foderemner med lavt klimaaftryk og den økologiske ration, så er forskellen mellem højeste og laveste metan-produktion 11 g metan (539 vs 550) svarende til kun 2%. Variationen i klimabidraget fra foderproduktionen er større, hvor det er 14% lavere i rationen med foderemner med lavt klimaaftryk. Samlet set viser tabel 53, at standard-rationens klimaaftryk fra foder- og metanproduktion kan reduceres med op til 9% ved brug af den ration, hvor man optimerer efter foderemner med et lavt klimaaftryk. Det lavere klimaaftryk fra denne ration skyldes primært reduktionen i klimabidrag fra foderproduktionen ved brug af foderemner med lave klimaaftryk dvs. brug af mask og HP-pulp og sekundært, at det højere fedtniveau fra brug af foderfedt giver lavere metanproduktion.

Selvom tabel 53 anviser, at man kan reducere mælkens klimaaftrykket med 7-9% i forhold til en standard-ration, er det centralt at holde sig for øje, at det primært kan lade sig gøre, fordi der anvendes biprodukter.

Disse biprodukter er kun tilgængelig i en begrænset mængde og klimareduktionen er således ikke noget som kan ske på landsplan i alle besætninger.

Rationerne 'Biprodukt' og 'Foder med lavt klimaaftryk' kan ud over at reducere det samlede klimaaftryk fra metan- og foderproduktion også reducere arealforbruget til foderproduktion med hhv. 12 og 16% i forhold til standard rationen. Mens dyrkning af den økologiske ration kræver et areal, der er 50% større end det til standard rationen.

Når man ser på, hvordan dyrkning af de forskellige rationer påvirker biodiversiteten på det dyrkede areal, gælder det for alle rationer, at der er mindre biodiversitet end i en naturskov. Men det er forskelligt, hvor stort dette tab af arter er for de forskellige rationer. Den økologiske ration klarer sig langt bedre end de øvrige rationer, således er biodiversitetstabet med økologisk dyrkning 73% mindre end ved dyrkning af den konventionelle standard ration. Men også den højere andel kløvergræsensilage i rationen med 'Foder med lavt klimaaftryk' har en meget gavnlig virkning på biodiversiteten, og biodiversitetstabet er kun ca. halvt så stort som for standardrationen.

**Table 53.** Different rations optimized in DMS-NorFor to 10,500 kg EKM/year (36,7 kg EKM/ko/day) and climate contribution from conversion of feed i.e. methane and from feed production, and area use for cultivation of the ration and impact on biodiversity, per ko daily.

Fodermiddel	Ration, kg TS				
	Standard	Biprodukt	Majsbaseret	Foder med lavt klimaaftryk	Økologisk
Byg	3,8	2,8	2,7		7,2
Hvede				3,9	
Rapskage	3,7	4	4,5	2,2	3,0
Sojaskrå	1	1	1,1		
Roepiller	1,3		1,3		
Kløvergræsensilage	5	3	3,1	13,4	15,3
Majsensilage	8,9	9	11		
Mask, frisk		2		2	
HP-pulp, presset		2		2	
Mættet fedt				0,4	
	Rationsparametre				
TS-optag, kg	23,8	23,8	23,7	23,9	25,4
Grf-andel, % af TS	58,6	58,7	59,4	64,6	60,0
Fedtsyrer, g/kg TS	27	34	29	45	26
Energi, MJ NEL	157,4	157,4	157,4	157,4	162,1
	Klimabidrag				
Metan <sup>1)</sup> , g CH <sub>4</sub>	550	539	545	522	592
Metan, g CO <sub>2</sub> -ækv.	13.750	13.475	13.625	13.050	14.800
Ændring ift. "standard", %		-2	-1	-5	+8
Foderproduktion, g CO <sub>2</sub> -ækv. <sup>2)</sup>	11.090	9.608	10.996	9.529	11.081
Ændring ift. "standard", %		-13	-1	-14	0
Ialt fra foder og metan, g CO <sub>2</sub> - ækv.	24.840	23.083	24.621	22.579	25.881
Foder og metan, g CO <sub>2</sub> -ækv./kg EKM	677	629	671	615	705
Ændring ift. "standard", %		-7	-1	-9	+4
	Areal og biodiversitet				
Arealforbrug, m <sup>2</sup>	32	28	31	27	48
Ændring ift. "standard", %		-12	-3	-16	+50
Biodiversitetstab, PDF-index	18,3	17,2	18,9	8,7	5,0
Ændring ift. "standard", %		-6	+3	-52	-73

1) For enterisk metan er der anvendt en faktor 25 for konverteringen af metan til CO<sub>2</sub>-ækv.

2) Inkluderer dyrkning, processing, transport og kulstofændringer i jord (g CO<sub>2</sub>-ækv./dag)

### 6.3.3. Betydning af ydelsesniveau

Resultaterne i tabel 54 illustrerer betydningen af et øget ydelsesniveau for klimaaftrykket fra metan og foderproduktion. Beregningerne er foretaget med en besætningsydelse på 12500 kg EKM/årsko, dvs. 2000 kg mælk mere pr årsko i forhold til tabel 53. Reduktionen i klimaaftrykket er på tværs af rationer ca. 2%, dvs. 1% reduktion pr 1000 kg øget mælkeydelse.

**Tabel 54.** Forskellige rationer<sup>1)</sup> til 12.500 kg EKM/årsko (43,6 kg EKM/ko/dag) og metan emission, foderets klimaaftryk og den samlede drivhusgasudledning, pr ko dagligt.

	Ration				Økologi
	Standard	Biprodukt	Majsbaseret	Foder med lavt klimaaftryk	
TS-optag, kg	27,5	27,5	27,4	27,6	29,3
Grf-andel, % af TS	58,6	58,7	59,4	64,6	60
Fedtsyre, g/kg TS	27	34	29	45	26
	Klimabidrag				
Metan <sup>2)</sup> , g	641	631	636	616	689
Foderproduktion <sup>3)</sup>	12852	11127	12719	11121	13243
Ialt foder og metan	28877	26902	28619	26521	30468
Foder og metan, g CO <sub>2</sub> -ækv./kg EKM	662	617	656	608	699
Ændring ift. 10.500 kg EKM/årsko, %	-2,3	-2,0	-2,3	-1,4	-2,4

1) Rationerne har samme procentvise fodermiddelsammensætning som i tabel 53, men tildeles i mængder som dækker koens større energibehov.

2) Enterisk metan, faktor 25 for konverteringen af metan til CO<sub>2</sub>-ækv.

3) Inkluderer dyrkning, processing, transport og kulstofændringer i jord, men ikke LUC (g CO<sub>2</sub>-ækv./dag)

### 6.3.4. Betydning af klimabidrag fra metan kontra fodermidler for mælkenes klimaaftryk

Som det fremgår af tabel 55, er variationen i klimaaftrykket, udtrykt ved variations-koefficienten (CV), på tværs af de forskellige foderrationer dobbelt så stor for fodermidlerne sammenlignet med metan-delen. Det bekræfter således det ovenstående i Tabel 53 og 54, nemlig at det er med valg af fodermidler med lave klimaaftryk, at man kan lave de største ændringer af betydning for klimaaftrykket. Denne konklusion er dog baseret på gennemsnit for metan og dyrkning og inkluderer ikke den variation der er mellem bedrifter i udbytte og effektivitet. Yderlige analyser baseret på bedriftsdata er derfor nødvendige for at klarlægge potentialet i reduktion af klimaaftrykket i forhold til variationen under praktiske forhold.

**Tabel 55.** Variationen i klimaaftryk fordelt på metan og fodermidler på tværs af de fem foderrationer optimeret til køer med et ydelsesniveau på 10.500 kg EKM/årsko.

	Standard	Biprodukt	Majs-baseret	Foder med lavt klimaaftryk	Gns	s.d.	CV (%)
Metan (g CH <sub>4</sub> /ko/dag)	550	539	545	522	550	26	4,7
Foder (g CO <sub>2</sub> -ækv)	11138	9637	11022	9602	10577	891	8,4



## 7. Diskussion

### 7.1. Metodevalg

#### 7.1.1. Klimaaftryk med eller uden bidrag fra kulstof i jord og regnskovsrydning

Det samlede klimaaftryk for et foderemne præsenteres typisk som summen af klimabidrag fra dyrkning, forarbejdning og transport. I denne rapport er der endvidere beregnet et klimabidrag fra ændring i kulstofpuljen i jorden, samt et klimabidrag fra regnskovsrydning enten som en direkte effekt ( $LUC_{\text{direkte}}$ ) eller som en indirekte effekt ( $LUC_{\text{indirekte}}$ ). Når man angiver et klimaaftryk er det derfor vigtigt at anføre, hvilke bidrag der er inkluderet, og det anbefales at vise bidrag fra regnskovsrydning særskilt, da der endvidere er uenighed om, hvilken metode, der skal anvendes. Da klimabidrag fra C i jord hidtil sjældent er medtaget angives dette bidrag også særskilt.

Man kan argumentere for, at bidrag fra C i jord direkte hører med i det samlede klimaaftryk fra dyrkning, forarbejdning og transport, og i fremtiden, når metoder til beregning heraf bliver mere udbredt, vil det sandsynligvis medtages. I tabel 56 er vist klimaaftryk per kg tørstof beregnet med og uden bidrag fra kulstofændring i jorden (C i jord) og LUC med 2 forskellige metoder for udvalgte referenceafgrøder; byg, hvede, rapsfrø og -kage, sojabønner og -skrå samt majs- og kløvergræsensilage.

**Table 56.** Klimaaftryk per kg TS beregnet med og uden bidrag fra ændring af C i jord og LUC beregnet med 2 forskellige metoder, og som relative værdier ift. byg for udvalgte afgrøder

	Byg kerne	Hvede kerne	Raps frø	Rapskage	Sojabønner	Sojaskrå	Kl græs ens.	Majs ens.
Klimaaftryk (CF), g CO <sub>2</sub> -ækv.								
Dyrkning	501	459	855	422	279	214	418	263
Forarbejdning	8	8	0	17	0	69	0	0
Transport	13	13	64	71	371	348	0	0
C i jord	154	-1	112	44	168	129	-90	96
LUC indirekte	315	224	421	209	564	432	177	144
LUC direkte	0	0	0	0	5272	4085	0	0
CF i alt <sup>1)</sup>	522	480	920	510	650	632	418	263
<i>Relative i forhold til byg</i>	100	92	177	98	125	121	80	50
CF m. C i jord	676	479	1031	554	818	760	328	359
<i>Relative i forhold til byg</i>	100	71	153	82	121	112	49	53
CF m. C i jord & LUC <sub>indirekte</sub>	990	703	1453	763	1382	1193	505	504
<i>Relative i forhold til byg</i>	100	71	147	77	140	121	51	51
CF m. C i jord & LUC <sub>direkte</sub>	676	479	1031	554	6090	4845	328	359
<i>Relative i forhold til byg</i>	100	71	153	82	901	717	49	53

1) Bidrag fra dyrkning, forarbejdning og transport

Af de relative værdier for klimaaftryk, før der indregnes bidrag fra C i jord og LUC, kan man se, at hvede har et 8% lavere klimaaftryk end byg bl.a. pga. det højere udbyttensniveau. Når man tager højde for bidrag fra C i jord er aftrykket for hvede 29% lavere end det for byg, fordi bygdyrkning giver frigivelse af kulstof fra jorden og dermed et yderlig klimaaftryk, mens hvededyrkning giver kulstofbalance.

Klimaaftrykket før bidrag fra C i jord og LUC er for kløvergræsensilage 20% lavere og for majsensilage 50% lavere end for byg. Men når man også tager højde for bidrag fra C i jord er der stort set ikke forskel på klimaaftrykket for de to typer ensilage. Således bliver aftrykket for kløvergræsensilage 51% lavere og det for majsensilage 47% lavere end det for byg, fordi majsdyrkning giver frigivelse af kulstof fra jorden, mens kløvergræsdyrkning giver indlejring af kulstof i jorden.

Når man sammenligner klimaaftrykket for rapskage og sojaskrå før bidrag fra C i jord og LUC er indregnet er det for rapskage på niveau med det for byg, mens det for sojaskrå er 21% højere, især på grund af et højere bidrag fra transport, men lavt aftryk for dyrkning.

Om man anvender den ene eller anden metode for at medtage bidrag fra regnskovsrydning har stor effekt på klimaaftryk per kg TS foderafgrøde for afgrøder som sojaskrå og fedt, da disse afgrøder dyrkes i områder, hvor regnskovsrydning kan forekomme. Hvis man indregner LUC<sub>indirekte</sub> bliver arealforbrug per produceret

enhed meget betydende, da bidrag fra regnskovsrydning medregnes ud fra en fast faktor per arealenhed. Denne metode vil stimulere til at dyrke afgrøder med højt udbytte per ha, men om den direkte vil reducere forekomsten af regnskovsrydning er nok usandsynligt, selv om man i argumentationen hævder, at den globale fødevarerproduktion er forbundet.

Hvis man indregner  $LUC_{\text{direkte}}$  får foderafgrøder fra lande, hvor der sker regnskovsrydning et betydeligt højere klimaaftryk. Som det ses i tabel 56 bliver klimaaftrykket for sojaskrå med  $LUC_{\text{indirekte}}$  således mere end 7 gange større end det for rapskage. Denne metode vil således stimulere til at undgå foderafgrøder dyrket, hvor der sker regnskovsrydning. Men spørgsmålet er, hvor det manglende foder i stedet skulle dyrkes, hvis vi antager, at vi undlader at importere fra Sydamerika og Indonesien og samtidig opretholder den animalske produktion?

### 7.1.2. Betydning af valgte karakteriseringsfaktor

#### *Lattergas*

Karakteriseringsfaktoren for lattergas er fra IPCC (2013), hvor den blev ændret fra 298 til 265 kg CO<sub>2</sub>-ækv. per kg N<sub>2</sub>O. Dette betyder, at de beregnede klimaaftryk per kg tørstof foder reduceres i størrelsesorden 5% med den nye i forhold til med den tidligere faktor.

### 7.1.3. Betydning af valgte standard LCA tal for input

#### *Bæredygtighedsværdier for N i handelsgødning*

Det er valgt at anvende LCAstandardtal fra Agri-footprint databasen for miljøbelastningen af N fra handelsgødning (i form af CAN = calcium ammonium nitrat). De beregner et klimaaftryk på 6,6 kg CO<sub>2</sub>-ækv./kg N, hvilket er et mellemniveau sammenlignet med andre værdier fra litteraturen (Table 3.7). Litteraturværdierne spænder således fra 3,1 kg CO<sub>2</sub>-ækv./kg N fra Yaras egne beregnede klimaværdier (Yara, 2014) til 8,6 kg CO<sub>2</sub>-ækv./kg N fra CAN-gødning fra Ecoinvent (2013). For P og K gødning anvendes tal fra Ecoinvent, 2013. Disse er gennemsnitlige europæiske tal baseret på data fra flere europæiske fabrikker, og disse tal anvendes derfor for al gødning anvendt til foder produceret i Europa.

Der er lavet en følsomhedsberegning, hvor betydningen af at anvende hhv. det lavere CF for N-gødning fra Yara (2014) og det højere CF for N-gødning fra Ecoinvent for det samlede klimaaftryk samt for potentiel eutrofiering og energiforbrug. Dette er beregnet for standardafgrøderne byg, hvede, rapsfrø, rapskage, majs og græsensilage samt sojabønner og -skrå.

Hvis man for N fra handelsgødning bruger værdierne fra Yara (2014) bliver klimaaftrykket for disse afgrøder 17-20% lavere og tilsvarende 10-11% højere, hvis man bruger værdien fra Ecoinvent. Dette gælder dog ikke for sojabønner og –skrå, hvor klimaaftrykket er uændret, da der ikke er input af N fra handelsgødning. Den store effekt af anvendte klimaaftryk for N i handelsgødning taler for, at udvikling af klimavenlig produktion af handelsgødning er et muligt tiltag til reduktion af klimaaftrykket i fremtiden. Det kræver, at klimapåvirkningen af hver enkelt fabriks produktion kan beregnes og certificeres.

Potentiel eutrofiering bliver 0-5% lavere for de enkelte foderemner, når man i stedet bruger værdierne fra Yara (2014) og Ecoinvent. Forbrug af fossil energi er uændret med standardtal fra Yara (2014) og 9-20% højere med standardtallene for N handelsgødning fra Ecoinvent (2013).

Rangering af foderemnerne mht. klimabidrag, potentiel eutrofiering og fossil energiforbrug er stort set uændret, om man bruger det ene eller andet sæt standardværdier for N gødning, dog skubbes N-fikserende afgrøder som soja og kløvergræs en lille smule.

**Tabel 57.** Standard reference LCA værdier for miljøbelastningen fra handelsgødning fra forskellige kilder (Fremhævet med fed er de værdier, der bliver anvendt i dette studie)

Type gødning (FU)	Database/ Reference	Specifikation af gødningstype	Miljøbelastningen		
			CF	EP	NRE
			kg CO <sub>2</sub> -ækv.	kg NO <sub>3</sub> -ækv.	MJ
Kvælstof, FU=1 kg N	Agri-footprint	Calcium ammonium nitrate (CAN), (NPK 26.5-0-0), at regional storehouse/RER Economic <sup>1)</sup>	<b>6,6</b>	<b>0,2</b>	<b>43,61</b>
	Ecoinvent3, 2013	Calcium ammonium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U	8,7	0,1	59,7
	Yara	CAN	3,1	0,2	43,8
Fosfor, FU=1 kg P	Ecoinvent3, 2013	Triple superphosphate, as P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , at regional storehouse/RER U <sup>2)</sup>	<b>3,6</b>	<b>0,3</b>	<b>55,7</b>
	Agri-footprint	Triple superphosphate, as 80% Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , at regional storehouse/RER U	2,6	0,05	66,9
Kalium, K <sub>2</sub> O, 1 kg K	Ecoinvent3, 2013	Potassium clorid, as K <sub>2</sub> O, at regional storehouse/RER U	<b>0,7</b>	<b>0,01</b>	<b>8,1</b>
	Agri-footprint	Potassium clorid, (60%K), at regional storehouse/RER Economic	0,6	0,004	9,4

1) Værdi for CAN-gødning anvendt i Europa

2) Gns fra flere fabrikker i Europa, baseret på 2,08 kg produkt, der giver 1 kg P<sub>2</sub>=5 (48%)

#### Bæredygtighedstal for diesel

I dette studie er LCA standardtal for miljøbelastningen fra diesel baseret på Agri-footprint, hvor CF per liter diesel er 2,82 kg CO<sub>2</sub>-ækv., EP er 33,84 g NO<sub>3</sub>-ækv. og NRE er 39,78 MJ. I andre danske studie (fx Elsgaard, 2015) anvendes standardtal fra LCAFood databasen (Nielsen et al., 2003), hvor CF diesel er 3,30 kg CO<sub>2</sub>-ækv., EP 48,48 g NO<sub>3</sub>-ækv. og NRE 42,42 MJ per liter diesel.

Der er lavet en følsomhedsberegning, hvor klimaaftryk, potentiel eutrofiering og energi forbrug er beregnet med LCA standard tal for diesel fra LCAFood i stedet for fra Agri-footprint for afgrøderne byg, hvede, rapsfrø, rapskage, majs og græsensilage samt sojabønner og -skrå. Der var en meget lille effekt heraf, klimaaftrykket stiger 1-2%, potentiel eutrofiering ligeledes 0-2%, mens energiforbruget stiger 0-7%.

#### Energitype for varmeforbrug ved forarbejdning af bi-produkter

I dette studie anvendes de gennemsnitlige nationale kilder til produktion af el fra det typiske produktionsland for det pågældende foderemne.

Mht. varmekilde er det især ved fremstilling af biprodukter, at der anvendes varme. Mht. varmekilde er der taget udgangspunkt i den varmekilde, der anvendes i referencerne i dokumentationen for forarbejdningsdata for hvert foderemner (hovedsaglig data fra Agri-footprint). Ofte kommer disse bi-produkter til Danmark fra flere produktionslande. Den altovervejende type varmekilde anvendt i Agri-footprint data er naturgas, der har en lav miljøbelastning sammenlignet med olie og kul. I nogle tilfælde haves stedspecifik information om varmekilden, for eks. i dansk sukkerindustri, hvor der er en 50:50 sammensætning af olie og kul. Det er dog valgt at bruge naturgas som varmekilde for al forarbejdning af sukker baseret på de udenlandske kilder i Agri-footprint. Som en undtagelse er danske grønpiller, med varmekilden 2/3 kul og 1/3 olie baseret på danske kilder.

En følsomhedsberegning med 50:50 olie og kul som varmekilde i stedet for naturgas for udvalgte biprodukterne viste en stigning i klimaaftryk på 3% for rapsskrå, 5% for roepiller, 6% for sojaskrå og 16% for melasse. Mens direkte fossil energiforbrug ikke bliver påvirket, da en lavere værdi for 1 MJ kul opvejes af en højere værdi for 1 MJ olie sammenlignet med naturgas.

#### 7.1.4. Betydning af valgte data for udbyttensniveau, input af N og diesel

##### *Udbyttensniveau og N input*

Afgrødeudbytte i marken og input af især N fra handelsgødning har meget stor betydning for miljøpåvirkningen af foderet udtryk per kg tørstof foder. Der er lavet en følsomhedsberegning, hvor forventede netto-udbytter i græs- og majsensilage fra Olsen et al. 2016 er sammenholdt med dette studie. De antager et majsudbytte på 13,2 t TS (11.340 FE) med et N-input på 192 kg N. Dette er hhv. 33% og 34% stigning i udbytte og N-input sammenlignet med dette studie. Hvis alt andet holdes lige giver det 8% reduktion i klimaaftryk per kg TS i majs (fra 263 til 245 g CO<sub>2</sub>-ækv./kg TS). Tilsvarende antager de et græsudbytte på 11,5 t TS (1. og 2. års græs) med et N-input på 240 kg N. Dette er hhv. 42% og 25% stigning i udbytte og N-input sammenlignet med dette studie. Hvis alt andet holdes lige giver det 18% reduktion i klimaaftryk per kg TS kløvergræsensilage (fra 418 til 341 g CO<sub>2</sub>-ækv./kg TS). En generel udbyttestigning, alt andet lige, vil være en meget effektiv måde at reducere klima- og miljøbelastningen i foderproduktionen.

##### *Dieselforbrug*

I tabel 58 og 59 er de anvendte værdier for dieselforbrug i denne rapport sammenlignet med andre værdier fra litteraturen. Der er nogen variation i disse dieselmængder. For at afdække betydningen af ændret dieselforbrug er der lavet en følsomhedsberegning, hvor effekten af 50% højere diesel forbrug på klimaaftryk og direkte energiforbrug er undersøgt. Ved dette højere dieselforbrug steg klimaaftrykket med 5% i vårbyg og vinterhvede, 3% for kløvergræsensilage og 7% for majsensilage. Stigningen var større mht. det direkte energiforbrug hhv. 13% for vårbyg og vinterhvede, 8% for kløvergræsensilage og 16% for majsensilage. Det skal

således store udsving til i dieselmængden før det får afgørende betydning for klimaaftrykket per kg TS foder. I denne rapport er alt foder dyrket med brug af handelsgødning. Hvis der indgik brug af husdyrgødning ville dieselforbruget blive større. Dette ekstra dieselforbrug skal medregnes under gødningshåndtering i kvæg-systemet.

**Tabel 58.** Dieselforbrug per ha og afgrøde i dette studie sammenlignet med andre

	Byg	Havre	Vinter- hvede	Rug	Triticale	Vinter- raps
Dette studie <sup>1)</sup>	78	79	96	94	93	93
Cederberg et al. (2009) <sup>2)</sup>	82	82	89	-	-	86
Agri-footprint <sup>3)</sup>	125 (113)	121 (109)	138 (130)	-	-	92 (84)
LCAFood	109	-	133	-	-	119
Ecoinvent (2013)		167				
Søren Kolind (2016)						50
Jørgensen, 2010	118	118	160	-	-	124
Mortensen & Sørensen, 2016	-	-	66	-	-	-

1) *Al gødning er handelsgødning – derfor ingen bidrag fra håndtering af husdyrgødning*

2) *I Sverige har Edström et al. (2005) foreslået en indikator for dieselforbrug i forskellige afgrøder på 70 l/ha i kornafgrøder og 50 l/ha i græs til ensilage, heri indgår ikke diesel til håndtering og udbringning af husdyrgødning. Disse værdier er lavere end hvad der ellers har været brugt i svenske LCA studier baseret på data indsamlet fra private gårde. Cederberg et al. (2009) har derfor øget disse tal med 25% til hhv. 88 l/ha og 63 l/ha til at dække bl.a. diesel til håndtering og spredning af husdyrgødning. Cederberg et al. (2009) kom frem til et dieselforbrug på 0,4 l diesel per ton husdyrgødning. I den Danske ARLA model (Schmidt & Dalgaard, 2012) anvendes de svenske værdier for dieselforbrug fra Cederberg et al. (2009) fra 2005.*

3) *Incl. diesel til udbringning af gødning (i parentes excl. diesel til gødningshåndtering baseret på værdier fra Dalgaard et al 2002)*

**Tabel 59.** Dieselforbrug per afgrøde – grovfoder

	Græs/ kløvergræs ensilage	Græs/ kløvergræs frisk	Natur- græs	Helsæds ens. (byg)	Majs- ens.	Kolbe- majs	Roer
Dette studie <sup>1)</sup>	101/90	9	6	89	115	81	91
Cederberg et al. (2009)	65	20	15	-	100	-	-
Mogensen et al., 2014 <sup>1)</sup>	79-83	6	-	107	130	-	95
Agri-footprint <sup>2)</sup>	95 (59)	-	-	-	320 (284)	-	-
LCAFood	-	-	-	-	-	-	-
Jørgensen, 2010	73	-	-	-	210	-	-
Mortensen & Sørensen, 2016	86						

1) Al gødning er handelsgødning – derfor ingen bidrag fra håndtering af husdyrgødning

2) Inklusiv diesel til udbringning af gødning (i parentes exkl diesel til gødningshåndtering baseret på værdier fra Dalgaard et al 2002)

### 7.1.5. Betydning af metode til bestemmelse af ændring i jordens indhold af C og N, samt potentiel N-udvaskning

#### *Beregnet potentiel N-udvaskning sammenlignet med målinger*

Potentiel N-udvaskning er det mest betydende bidrag til eutrofieringspotentialet (EP), og bidrager desuden også til klimaaftrykket via indirekte N<sub>2</sub>O emissioner relateret til den potentielle udvaskning.

Potentiel N-udvaskning estimeres i denne rapport på baggrund af mark-balancen for dyrkning af hver enkelt afgrøde. N-overskuddet beregnes som differencen mellem N tilførsel og N bortførsel, hvor potentiel udvaskning antages at være den rest, der er tilbage, når N-overskuddet er fratrukket andre N-emissioner herunder NH<sub>3</sub>-fordampning, denitrifikation, og ændringer i N i jordpuljen (se N-balancer for de enkelte afgrøder i appendix 3). N fra jordpuljeændringen beregnes ud fra en antagelse om et fast C:N forhold i jorden, i et 100-årigt perspektiv. Den anvendte metode giver et estimat for, hvilken potentiel udvaskning dyrkning af en given afgrøde giver anledning til. Der kan dog godt være en tidsforskydning, inden denne udvaskning kan måles, måske først i forbindelse med dyrkning af den efterfølgende afgrøde. Derfor er der ikke altid overensstemmelse mellem de beregnede tal for potentiel udvaskning på baggrund af N overskuddet og målte udvaskninger, men ved beregning af klimaaftryk for en bestemt afgrøde, er det vigtigt i et livscyklus-perspektiv at få estimeret de emissioner, der er knyttet til den pågældende afgrøde.

Som dobbelttjek på udvaskningsestimaterne er der opstillet et gennemsnitligt kvægsædskifte, hvor udvaskningstallene fra denne rapport sammenlignes med målte tal eller beregnede tal fra udvaskningsmodellen NLES4 (tabel 60). Anvendes tal fra denne rapport for potentiel udvaskning beregnet vha. N-balancer for



den enkelte afgrøde, får vi en gennemsnitlig potentiel udvaskning fra dette sædskifte på 36 kg N/ha ved brug af handelsgødning og 51 kg N/ha, når der indregnes brug af husdyrgødning. Dette er sammenholdt med 3 studier, der finder en gennemsnitlig udvaskning fra samme sædskifte fra 48 til 60 kg N/ha, når der anvendes udvaskningsmodeller (NLES4) eller målte udvaskninger.

**Tabel 60.** Gennemsnitlig potentiel udvaskning for et kvægsædskifte beregnet vha. N-balance-metoden som i denne rapport sammenholdt med N-udvaskning beregnet ud fra målinger eller modelstudier

	Vinterhvede, halm fjernet	Byghelsæd	Majsens.	Kl.græs ens.	Potentiel udvaskning, gns. for sædskiftet, kg N/ha/år
Andel i sædskiftet, % <sup>1)</sup>	27	7	24	32	
	Potentiel udvaskning, kg N/ha/år				
Beregnet v. N-balance-metoden (m. 100% kunstgødn) <sup>2)</sup>	39	31	47	38	36
Beregnet v. N-balance-metoden (m. husdyrgødn) <sup>2)</sup>	57	46	64	52	51
Baseret på målte udvaskninger <sup>1)</sup>	52	37	66	48	48
Skøn udvaskning <sup>3)</sup>	79	-	103	25	60
DK gns. NLES4 korrigeret udvaskning <sup>4)</sup>					56

1) Typisk kvægsædskifte ifølge Blicher-Mathiesen, 2014, tabel 2 med målte udvaskninger

2) Tal fra dette studie

3) Børgesen et al., 2009

4) Olesen et al., 2016

De beregnede potentielle udvaskninger i kløvergræs og majs er i god overensstemmelse med de seneste danske estimater for N-udvaskning bestemt ud fra målinger. For ugødet græs til slæt er der i forsøg (Eriksen et al., 2004) fundet en meget lav udvaskning (<5 kg N/ha) og ved tilførsel op til økonomisk optimum for plantevækst er nitratudvaskningen stadig lav (<20 kg N/ha). Selv ved tilførsel af 300 kg N/ha var der kun 12-20 kg N/ha udvasket i 4. og 5. års rajgræs, stigende til 38 kg N/ha ved stigende alder af marken (6.-8. års rajgræs). I ugødet kløvergræs til slæt findes udvaskningen at være i størrelsesorden 15-20 kg N/ha, og der findes ikke som for rajgræs en øgning med markens alder (Eriksen et al., 2004, 2015).

Olesen et al. (2016) skønner, at potentiel N udvaskning i majs, dyrket ensidigt og med 142 kg plantetilgængeligt N tildelt (heraf 140 kg total N fra husdyrgødning) er i størrelsesorden 81 kg N/ha, hvilket er højere end vores 47 kg N/ha.

Olesen et al. (2016) skønner, at potentiel N udvaskning i hvede til modenhed, dyrket ensidigt og med 197-207 kg plantetilgængeligt N tildelt (heraf 140 kg total N fra husdyrgødning) er i størrelsesorden 69-79 kg N/ha. Dette stemmer fint overens med den potentielle udvaskning på 37-45 kg N/ha vi finder, hvis der tages

højde for højere N tildeling og samme udbytte som i Olesen et al. (2016). Modsat estimerer Kløverpris et al. (2016) vha. Daisymodellen en lidt lavere potentiel N-udvaskning på 24 kg N/ha i hvede tildelt 200 kg N/ha.

Hvis potentiel N-udvaskning i stedet beregnes efter IPCCs (2006) formel som 30% af N input fra gødning, afgrøderester og fra mineralisering fra jorden fås rimelig god overensstemmelse med beregnet potentiel udvaskning vha. balancemetoden for kornarterne byg, havre og rug (2-15% afvigelse), mens IPCC estimerne for udvaskning er betydelig højere for afgrøder med et højt input af afgrøderester som hvede (57-72% højere), alle typer græs (66-182% højere) og roer (318% højere). Resultaterne af følsomhedsberegningen ses i appendix 3.

#### *Metode til beregning af bidrag fra ændring af C og N i jordpuljen, 100 versus 20 årigt perspektiv*

I denne rapport beregnes ændring i C og N i jordpuljen i et 100 årigt perspektiv, da klimaaftrykket (GWP) også beregnes i et 100-årigt perspektiv. Det kan diskuteres, om bidrag fra ændring i jordpuljen skal beregnes i et 20 årigt perspektiv i stedet. Når man ser på klimabidrag fra C jordpuljeændring anvender IPCC (2013) et 20 årigt perspektiv mod et 100 årigt perspektiv for øvrige klimaeffekter. Dog kan man ifølge IPCC (2013) anvende en længere tidsperiode ud fra nationale omstændigheder, hvilket kan være relevant under danske forhold, hvor jordtemperaturen og dermed også kulstofomsætningen er lav.

I appendix 3 er vist resultatet for en følsomhedsberegning af N-balancer for hver enkelte afgrøde med jordpuljeændringen beregnet i et 20 årigt perspektiv. Ifølge Petersen et al. (2013) er der dobbelt så meget af den indlejrede C og N mængde tilbage, hvis man regner i 20 årigt i stedet for 100 årigt perspektiv. I et 100 års perspektiv, giver dyrkning af kløvergræs til ensilage en indlejring på 20 kg N/ha/. Men i et 20 års perspektiv bliver der indlejret 42 kg N, hvilket giver en reduktion i klimaaftrykket på 35% pga. den betydeligt større indlejring af N og C.

For majs dyrket til ensilage, er klimaaftrykket 31% højere per kg TS hvede i et 20 års sammenlignet med et 100 års perspektiv, da frigivelse af N og C næsten fordobles ved et 20 års perspektiv.

For hvededyrkning er der stort set ikke forskel på ændring i jordpuljen, om der regnes i et 20 års eller 100 års perspektiv. I et 20 års perspektiv bliver klimaaftrykket dog 6% højere pga. en lidt større frigivelse af C fra jorden sammenlignet med i et 100 årigt perspektiv.

For byg med halmen fjernet bliver klimaaftrykket 30% større i et 20 års sammenlignet med i et 100 års perspektiv, når den noget større frigivelse af C fra jorden er indregnet.

*Metode til beregning af bidrag fra C fra afgrøderester vha. C-tool sammenlignet med vha. IPCC-koefficienter*

I denne rapport er mængden af afgrøderester estimeret vha. C-tool koefficienter. Disse sammenlignes i det følgende med mængden af afgrøderester beregnet vha. IPCC's koefficienter (IPCC, 2006).

De beregnede mængder af afgrøderester ifølge C-tool er i græsafgrøder betydeligt større end dem, der beregnes, hvis man bruger IPCC's koefficienter (se tabel 61), f.eks. 3 gange større for kløvergræsensilage. For byg og raps med halmen nedmuldet beregnes hhv. 23% og 58% flere afgrøderester med C-tool end med IPCC. For hvede er der ikke forskel mellem at bruge C-tool eller IPCC koefficienter og for majs bliver der lidt flere afgrøderester ifølge IPCC.

Hvilken metode der anvendes til at bestemme mængden af input af afgrøderester påvirker kulstof- og kvælstofændring i jorden, og derved også potentiel udvaskning samt lattergasemission fra afgrøderester.

For byg, hvede og raps er der stort set ikke (0-4%) forskel i klimaaftryk per kg TS foder (før C i jord og LUC). Dvs. lavere input af afgrøderester giver også mindre lattergas fra afgrøderester, mens der til gengæld bliver større potentiel udvaskning, når der sker mindre C og N indlejring med afgrøderester og dermed større indirekte lattergasemission fra udvaskning.

For kløvergræsensilage og frisk afgræsset bliver klimaaftrykket mindre, når afgrøderester beregnes med IPCC metoden, idet lattergasemissioner fra afgrøderester – og mængden af afgrøderester bliver betydelig mindre med IPCC metoden. Til gengæld mere end opvejes det store bidrag fra lattergas fra afgrøderester af den store C indlejring, som disse afgrøderester også giver anledning til med C-tool-metoden, og klimaaftrykket hvor man medtager bidrag fra indlejring af C i jord bliver lavere med C-tool-metoden end med IPCC-metoden.

For majsensilage er der ingen forskel i klimaaftrykket, hvor bidrag fra C i jord er medregnet om der bruges enten C-tools eller IPCCs koefficienter.

**Tabel 61.** Klimaaftryk og potentiel eutrofiering, hvor beregning af afgrøderester vha. C-tool-metoden (denne rapport) er sammenlignet med afgrøderester beregnet vha. IPCC (2006)

	Byg kerne		Hvede kerne		Rapsfrø		Kl græs afgræs	Kl græs ens.	Majs ens.
	+	-	+	-	+	-			
Halm høstet	+	-	+	-	+	-			
Input afgrøderester, kg C/ha/år									
C-tool-metode	2216	3314	4320	5852	2576	3937	6589	5822	1713
IPCC-metode	1588	2686	4206	5738	1133	2494	1553	1968	2060
Potentiel udvask- ning, kg NO <sub>3</sub> -N/ha									
C-tool-metode	55	62	39	44	66	70	28	38	46
IPCC-metode	53	55	67	69	77	79	77	72	63
Klimaaftryk (CF), g CO <sub>2</sub> -ækv.									
Dyrkning	489	526	448	475	808	862	522	418	263
Dyrkning (IPCC-metode)	489	508	442	458	791	822	456	394	278
Forarb.	8	8	8	8	0	0	17	0	69
Transport	13	13	13	13	64	64	71	371	348
<b>Klimaaftryk i alt</b>	<b>510</b>	<b>546</b>	<b>469</b>	<b>496</b>	<b>934</b>	<b>988</b>	<b>522</b>	<b>418</b>	<b>263</b>
Klimaaftryk i alt (IPCC-metode)	510	529	463	479	917	948	456	394	278
C i jord	174	110	29	-42	198	90	-159	-90	96
C i jord (IPCC-metode)	213	151	33	-38	316	214	136	88	85
<b>Klimaaftryk i alt m C i jord</b>	<b>684</b>	<b>656</b>	<b>498</b>	<b>454</b>	<b>1132</b>	<b>1078</b>	<b>363</b>	<b>328</b>	<b>359</b>
Klimaaftryk i alt m . C i jord (IPCC-metode)	723	680	496	441	1233	1162	592	482	363
Potentiel eutrofier- ing, g NO <sub>3</sub> -ækv.									
I alt	66	77	36	42	105	117	32	31	30
I alt (IPCC-metode)	64	70	56	60	118	128	66	49	38

### *Tørvejord*

Når vi for det danskproducerede foder vælger ikke at medregne den klimagasudledning, der stammer fra dræning og dyrkning af tørvejord, er det fordi det ikke umiddelbart er en mulighed, at den enkelte landmand skal tage ansvaret for, at der ikke dyrkes tørvejord i Danmark. Derudover dyrkes kun i størrelsesorden 2% af kvægfoderet i Danmark på tørvejord (JB11) ifølge Arlas klimatjek.

Omvendt for det importerede foder, hvor klimabidrag fra tørvejord er indregnet, er det mulig for den enkelte landmand at beslutte hvilket foder, han indkøber og det er muligt f.eks. at undgå foderemner fra Indonesien og Malaysia, hvor et ikke ubetydeligt klimaaftryk stammer herfra.

## **7.2. Sammenligning med andre studier**

I det følgende er klimaaftryk sammenlignet for foderemner på tværs af studier.

### *Grovfoder*

De fundne klimaaftryk for grovfoder i denne opgørelse er i fin overensstemmelse med tilsvarende resultater fra et svensk studie (Flysjö et al., 2008 og SIK Foder 2013). De svenske klimaaftryk ligger generelt 5-17% lavere end de tilsvarende danske tal. En af forklaringen kan være, at i den svenske beregning indgår brug af husdyrgødning, hvor kun emissioner fra brug indgår, mens afgrøderne 'får gødning gratis uden at betale et klimaaftryk' herfor, modsat dette studie, hvor der antages 100% brug af handelsgødning til afgrødedyrkning.

Agri-footprints klimaaftryk for kløvergræs og majsensilage er hhv. 7 og 27% lavere end de danske. Generelt i alle studierne finder man, at klimaaftrykket fra majsdyrkning kun udgør 50-60% af det for kløvergræsensilage. Men kun i dette studie indregner vi bidrag fra kulstofændring i jorden, hvilket betyder, at klimaaftrykket per kg TS bliver det samme for kløvergræs- og majsensilage.

Det hollandske klimaaftryk for roer ligger 53% højere end det danske, hvilket især skyldes, at roerne har et 20% lavere udbytte i Holland på 9802 kg TS.

**Table 62.** Klimaaftryk for grovfoder i dette studie – sammenligning med andre studier

	Kløver græs ens.	Kløver græs afgræs.	Græs ens.	Majs ens.	Byg helsæd	Roer
Dette studie						
Samlet klimaaftryk (CF) g CO <sub>2</sub> -ækv./kg TS	414	486	525	265	304	256
	100	117	127	64	73	62
CF inklusiv C i jord og LUC <sub>indirekte</sub>	501	667	572	505	687	412
	100	133	114	101	137	82
Feedprint, 2012; Vellinga et al., 2013 (NL)						
CF, g CO <sub>2</sub> -ækv./kg TS	530			163	188	615
	100			31	35	116
Flysjö et al., 2008; SIK Foder, 2013 (S)						
CF, g CO <sub>2</sub> -ækv./kg TS	398	517	417	219	276	227
	100	130	105	55	69	57
Agri-footprint, (NL)						
CF, g CO <sub>2</sub> -ækv./kg TS	386			194		392
	100			50		102

### Korn og raps

De fundne klimaaftryk for byg, hvede samt rapsfrø er i fin overensstemmelse med de svenske (Flysjö et al., 2008 og SIK Foder 2013). For korn ligger de tyske (Agri-footprint) og hollandske klimaaftryk også på niveau med de danske, mens deres klimaaftryk for rapsfrø er ca. 30% højere end de danske på trods af samme udbytte niveau. I alle lande ligger klimaaftrykket for hvede lidt (2-8%) lavere end for byg, og i dette studie øges denne forskel, når der tages højde for kulstofændring i jorden.,

Klimaaftryk for rapskage og –skrå er lavere i dette studie sammenlignet med Agri-footprint, hvilket skyldes det lavere klimaaftryk fra den danske primærproduktion per kg rapsfrø. Der er i dette studie anvendt samme allokeringmetode og bidrag fra forarbejdning af rapsfrø som i Agri-footprint (2015). Det fundne klimaaftryk for rapskage er i fin overensstemmelse med det svenske (Flysjö et al., 2008 og SIK Foder 2013)

I LCAfood (Nielsen et al., 2003) er der danske input data for forarbejdning af rapsfrø fra Århus Olies Grønne regnskaber fra 2001. Her skelnes der ikke mellem rapskage og –skrå. Deres input data stemmer meget fint overens med de anvendte for rapskrå i dette studie.

**Tabel 63.** Klimaaftryk for korn og raps – sammenligning med andre studier

	Byg	Hvede	Rapsfrø
<b>Dette studie</b>			
Samlet klimaaftryk, CF g CO <sub>2</sub> -ækv./kg	443	408	851
	100	92	192
CF inkl C i jord og LUC	842	598	1401
	100	71	166
<b>Flysjö et al., 2008 og SIK Foder 2013 (Sverige)</b>			
CF, g CO <sub>2</sub> -ækv./kg	390	370	880
	100	95	226
<b>Agri-footprint (Tyskland)</b>			
Samlet klimaaftryk, g CO <sub>2</sub> -ækv./kg	415	374	1080
	100	90	260
<b>Feedprint, 2012; Vellinga et al., 2013 (Holland)</b>			
CF, g CO <sub>2</sub> -ækv./kg	421	412	1138
	100	98	270

#### *Hvedeklid og kornbærme*

I dette projekt er klimaaftrykket for hvedeklid i størrelsesorden 85% af det for hvedekerne (bidrag fra dyrkning, forarbejdning og transport til fabrik), hvilket er på niveau med det Agri-footprint finder. De anvendte input-output data for formaling af hvede er i god overensstemmelse med danske LCAFood data, hvor man finder, at 80% af hvedekernen bliver til hvedemel og 20% til klid og andre biprodukter (Nielsen, 2003).

Klimaaftrykket for kornbærme på 755 g CO<sub>2</sub>-ækv./kg i dette studie er betydeligt højere end hvad der ellers er fundet i litteraturen, men i overensstemmelse med den rapport fra Dalgaard & Smidt (2014), som har dannet grundlag for anvendte antagelser. To forhold har stor betydning for det beregnede klimaaftryk for kornbærme. Prisforholdet mellem bærme og bioetanol påvirker, hvordan klimaaftrykket fra dyrkning fordeles mellem de 2 produkter, og typen af energiinput til tørring, da det er en meget stor post i klimaregnskabet.

Hvis den økonomiske fordeling mellem kornbærme og bioetanol ændres, således at prisen på bærme blev halveret, ville klimabidraget fra dyrkning blive i størrelsesorden godt 200 g CO<sub>2</sub>-ækv./kg bærme. Dette er på niveau med, hvad man finder i Sverige (199 g CO<sub>2</sub>-ækv./kg fra dyrkning) og europæisk bærme i Ecoinvent.

I et svensk studie (Flysjö et al., 2008) får de et betydeligt lavere klimaaftryk for kornbærme, især pga et lavere bidrag fra forarbejdning, hvor der anvendes biobrændsel, hvilket giver et bidrag på kun 21 g CO<sub>2</sub>-ækv./kg bærme fra forarbejdning mod 279 g CO<sub>2</sub>-ækv./kg bærme i dette studie. Hvis vi i stedet for naturgas som

varmekilde anvendte svensk el, der er mere klimavenlig, ville CF fra forarbejdning reduceres til 129 g CO<sub>2</sub>-ækv./kg.

**Tabel 64.** Klimaaftryk for biprodukter – sammenligning med andre studier

	Rapskage	Rapsskrå	Hvedeklid	Kornbærme DDGS	Melasse	Roepiller
Dette studie						
Samlet CF g CO <sub>2</sub> -ækv./kg	453	480	322	755	281	597
CF inkl. C i jord og LUC <sub>indirekte</sub>	678	675	406	915	327	629
Agri-footprint						
Samlet CF g CO <sub>2</sub> -ækv./kg	559	514	492		117	428
SIK rapport nr. 772						
Samlet CF g CO <sub>2</sub> -ækv./kg	460			241	103	508

*Biprodukter fra sukeroer, melasse, pulp, HP-pulp og roepiller*

Der er generelt fin overensstemmelse mellem resultater fra dette studie og klimaaftryk fra litteraturen. Klimaaftryk per kg sukkerroe fra primær produktion er på samme niveau i vores beregninger som i Agri-footprint (38 vs 41 g CO<sub>2</sub>-ækv. per kg sukkerroe). Når værdierne i dette studier afviger lidt fra Agri-footprints, skyldes det, at de anvendte data for forarbejdning er et mix mellem Agri-footprint data og LCAFood data samt opdaterede danske data for sukkerroedyrkning. Desuden anvender vi generelle data for energiforbrug fra Zeist et al (2012c), hvor AgriFootprint anvender specifikke hollandske data med en lidt anden fordeling mellem, hvor meget energi der antages anvendt udelukkende til tørring af roepiller hhv. til den primære proces, der giver output af sukker, melasse og våd pulp.

#### *Majskerne og majs gluten*

I Agri-footprint har majskerne fra Tyskland og Frankrig et klimaaftryk på 511 g CO<sub>2</sub>-ækv. per kg i overensstemmelse med egne beregninger. For det europæiske majs er der i Simapro versionen af Agri-footprint medtaget et betydeligt større disselforbrug end det der fremgår af dokumentationen (Marinussen et al., 2012c), hvilket forklarer de lidt højere værdier end ved egne beregninger. For majs gluten er litteraturværdien anvendt direkte fra Agri-footprint og der er ikke fundet andre referencer herfor.

#### *Solsikkefrø, solsikkekage og solsikkekrå*

Anvendes produktionsdata fra Agri-footprint fra Ukraine og egen LCAMetode fås det samme CF per kg solsikkefrø på 1,65 kg CO<sub>2</sub>-ækv. per kg. Oprindelseslandet har stor betydning for klimaaftrykket for solsikkefrø. Hvis man i stedet anvender produktionsdata fra Argentina, får Agri-footprint et meget lavere CF, 0,59 kg CO<sub>2</sub>-ækv. per kg, da udbyttet er højere med 1495 kg/ha, og et lavere N input på kun 24 kg N/ha.



De oprindelseslande, der fremgår af FAOStat, er dog alle fra Østeuropa, hvorfor data fra Ukraine er anvendt.

Også for solsikkekage og -skrå er der god overensstemmelse mellem resultater fra egne beregninger og Agri-footprints resultater, når der i begge tilfælde anvendes produktionsdata fra Ukraine.

#### *Sojabønner, -skrå og -skaller*

For afgrøder som sojabønner, -skrå og -skaller er den helt afgørende faktor for klimaaftrykket, om man medtager klimabidrag fra regnskovsrydning eller ej, da det har stor effekt på klimaaftrykket. Vi finder et klimaaftryk på 0,55 kg CO<sub>2</sub>-ækv. per kg sojaskrå, når man kun medtager klimabidrag fra dyrkning, forarbejdning og transport til Danmark. Hvis man indregner LUC<sub>indirekte</sub> for sojaskrå bliver klimaaftrykket 1,04 kg CO<sub>2</sub>-ækv. per kg, mens klimaaftrykket er 4,22 kg CO<sub>2</sub>-ækv. per kg sojaskrå, når bidrag af LUC<sub>direkte</sub> er medregnet (se appendixtabel A1.3).

Klimabidrag fra sojaskrå fra dette studie stemmer fint med Agri-footprints beregning, der giver 0,57 kg CO<sub>2</sub>-ækv. per kg sojaskrå fra dyrkning, forarbejdning og transport og 4,83 kg CO<sub>2</sub>-ækv. per kg sojaskrå, når LUC<sub>direkte</sub> er medregnet. Tilsvarende finder andre studier (Dalgaard et al., 2007, De Boer et al., 2014, Knudsen et al., 2014, Leionen et al. 2013) klimaaftryk fra 0,60 til 0,95 kg CO<sub>2</sub>-ækv. per kg sojaskrå, når bidrag fra LUC ikke er medregnet.

#### *Palmeolie, -kage og PFAD fedt, Ca-forsæbet fedt og mættet PFAD*

Der er generelt fin overensstemmelse mellem de beregnede bidrag fra dyrkning og forarbejdning og Agri-footprints værdier, hvilket delvist skyldes, at vi anvender Agri-footprints beregninger for bidrag fra LUC<sub>direkte</sub> og klimabidrag fra dyrkning af tørvejord som udtryk for ændring af C i jord.

## 8. Referencer

- Aaes, O., Kjeldsen, A.M., Engell-Sørensen, C. 2015. Anvendelse af fodermidler til malkekøer, 2014. landbrugsinfo Kvæg. On-line. [www.landbrugsinfo.dk/Kvaeg/foder/Tilskudsfoeder](http://www.landbrugsinfo.dk/Kvaeg/foder/Tilskudsfoeder)
- Agri-footprint. 2015. Description of data. V1.0. On-line at: <http://www.agri-footprint.com/assets/Agri-Footprint-Part2-Descriptionofdata-Version1.0.pdf>
- Anonym, 2011b. Budgetkalkuler. Landbrugsinfo, SEGES. Online: <https://www.landbrugsinfo.dk/oekonomi/budgetkalkuler/sider/startside.aspx>
- Anonym, 2017. Foderkontroller for økologiske og konventionelle besætninger. SEGES Kvæg.
- Anonym. 2012. Vejledning om gødskning- og harmoniregler – Planperioden 1. august 2012 til 31. juli 2013. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, NaturErhvervstyrelsen. Online: [http://lfst.dk/fileadmin/user\\_upload/NaturErhverv/Filer/Landbrug/Goedningsregnskab/Vejledning\\_om\\_goedsknings\\_og\\_harmoniregler\\_2012\\_13.pdf](http://lfst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Landbrug/Goedningsregnskab/Vejledning_om_goedsknings_og_harmoniregler_2012_13.pdf)
- Anonym. 2014. Vejledning om gødskning- og harmoniregler – Planperioden 1. august 2014 til 31. juli 2015. Miljø- og Fødevarerministeriet, NaturErhvervstyrelsen. On-line at: <http://naturerhverv.dk/landbrug/goedning/goedningsregnskab/>
- Anonymous. 2015. Online at: <http://www.ressourcegenanvendelse.dk/Nyheder.11097/20.000-k%C3%B8er-spiser-hver-dag-foder-fra-HedeDanmark.444.aspx>
- Askegaard et al., 2008. Muligheder og barrierer i den økologiske planteproduktion. In: Alrøe & Halberg (Eds.). Udvikling, vækst og integritet i den danske økologisektor. Vidensyntese. ICROFS report. No 1. p 187-219.
- Audsley, E., Brander, M., Chatterton, J., Murphy-Bokern, D., Webster, C., and Williams, A. (2009). How low can we go? An assessment of greenhouse gas emissions from the UK food system and the scope for to reduction them by 2050. How low can we go? WWF- UK.
- Barker T, Bashmakov, I, Bernstein, L, Bogner, JE, Bosch, P, Dave, R, Davidson, O, Fisher, BS, Gupta, S, Halsnæs, K, Heij, BJ, Kahn Ribeiro, S, Kobayashi, S, Levine, MD, Martino, DL, Masera, O, Metz, B, Meyer, L, Nabuurs, G-J, Najam, A, Nakicenovic, N, Rogner, H-H, Roy, J, Sathaye, J, Schock, R, Shukla, P, Sims, REH, Smith, P, Tirpak, DA, Urge-Vorsatz, D and D Zhou. 2007: Technical summary. In: Climate change 2007: Mitigation. contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B Metz, OR Davidson, PR Bosch, R Dave and LA Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Baumert, KA, Herzog, T and J Pershing. 2005. Navigating the numbers: Greenhouse gas data and international climate change policy. World Resources Institute.
- Blicher-Mathiesen, G. 2014. Udvaskning fra kvægbrug med og uden undtagelse fra Nitratdirektivet. Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 8 pp.
- Blonk, 2013. Direct Land use change assessment tool, version 2013.1. Blonk Consultants, Gouda. 2013.
- Børgesen, C.D., Waagepetersen, J., Iversen, T.M., Grant, R., Jacobsen, B., Elmholt, S. 2009. Midtvejsevaluering af Vandmiljøplan III. Hoved- og Baggrundsnotater. DJF RAPPORT MARKBRUG 142 • AUGUST 2009. 238 pp.
- BSI. 2008. PAS2050. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.
- Cederberg, C., Sonesson, U., Henrikson, M., Sund, V., Davis, J. 2009. Greenhouse gas emission from Swedish production of meat, milk and eggs 1990 and 2005. SIK Report No 793. 96 pp.
- Dalgaard R, Schmidt J H, Halberg N, Christensen P, Thrane M, Pengue W A. 2008. LCA of soybean meal. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(3):240-254.
- Dalgaard, R., Schmidt, J.H. 2014. Life cycle inventories of brewer's grain, DDGS and milk replacer, Rapport fra 2.-0 LCA consultants, Aalborg, 20. August 2014. 13pp.
- Dalgaard, T., Dalgaard, R., Nielsen, A.H. 2002. Energiforbrug på økologiske og konventionelle landbrug. *Grøn Viden*. Markbrug nr. 260. Danmarks JordbrugsForskning. Online at: <http://web.agrsci.dk/djfpublikation/djfpdf/gvm260.pdf>
- Danmarks Statistik, 2017. Dataudtræk fra <http://www.statistikbanken.dk/>
- De Baan, L., Alkemade, R. and Koellner, T., 2013. Land use impacts on biodiversity in LCA: a global approach. *Int. J. Life Cycle Assess.* 18(6), 1216-1230.
- De Boer, H.C., Van Krimpen, M.M., Blonk, H., & Tyszler, M. (2014). Replacement of soybean meal in compound feed by European protein sources. Effects on carbon footprint. *Livestock Research Report* 819.
- De Schryver AM, Goedkoop MJ, Leuven RSEW, Huijbregts MAJ. 2010. Uncertainties in the application of the species area relationship for characterization factors of land occupation in Life Cycle Assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 15:682-691.
- Djurhus, J., Hansen, E.M., 2003. Dry matter and nitrogen in crop residues in agriculture. Internal note. (In Danish). 8 pp. Unpublished.
- Ecoinvent Centre, 2013. Ecoinvent database v 3. [www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch)

- Edström M, Pettersson O, Nilsson L, Hörndahl T. 2005. Jordbrukssektorns energianvändning (Use of energy in the agricultural sector). JTI-rapport 342, In stitutet för jordbruks-och miljöteknik, Uppsala.
- Elmholt, S., Nielsen, J. 2002. Svampe i kornlagre. <http://orgprints.org/1148/>
- Elsgaard, L. 2015. Greenhouse gas emissions from cultivation of winter wheat and winter rapeseed for bio-fuels. Report. 33 pp.
- EMEP/EEA, 2009: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — 2009 prepared by the UNECE/EMEP Task Force on Emissions Inventories and Projections, 2009 update. Available at: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emissioninventory-guidebook-2009>.
- Energistyrelsen, 2014b. Energistatistik 2013.
- Eriksen, J., Askegaard, M., Rasmussen, J., Søgaard, K. 2015. Nitrate leaching and residual effect in dairy crop rotations with grass-clover leys as influenced by sward age, grazing, cutting and fertilizer regimes. *Agric., Ecosystems and Environ.* 212, 75-84.
- Eriksen, J., Jensen, P.N., Jacobsen, B.H. 2014. Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering. DCA rapport 52.330 pp.
- Eriksen, J., Vinther, F.P., Søgaard, K., 2004. Nitrate leaching and N<sub>2</sub>-fixation in grasslands of different composition, age and management. *J. Agric. Sci., Camb.* 142, 141-151.
- FADN. 2017. FADN public database. Online: [http://ec.europa.eu/agriculture/rica/database/database\\_en.cfm](http://ec.europa.eu/agriculture/rica/database/database_en.cfm)
- FAO, 2010. State of Food and Agriculture: Livestock in balance. Report by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, p. 180.
- FAO, 2013. Russian Federation - Sugar sector review. Report No. 12. Country Highlights. FAO Investment Centre. 99p. Online: <http://www.fao.org/docrep/019/i3561e/i3561e.pdf>
- FAO. 2007. State of the world's forests.
- FAO. 2010. Country report on the state of plant genetic resources for food and agriculture – Russian Federation. 65 p. Online: <http://www.fao.org/docrep/013/i1500e/Russian%20Federation.pdf>
- FAOStat. 2017. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. Dataudtræk fra: <http://www.fao.org/faostat/en>
- FeedPrint., 2012. The FeedPrint calculation tool and database is developed and owned by Wageningen UR Livestock Research and Blonk Milieu Advies. Online at: <http://webapplicaties.wur.nl/software/feed-print/>

- Flysjö, A., Cederberg, C. & Strid, I. 2008. LCA-databas för konventionella fodermedel. SIK rapport nr 772.
- FN, 1987. Rapporten 'Vores fælles fremtid' også kaldet Brundtland-rapporten efter kommissionens formand, den norske statsminister Gro Harlem Brundtland. Udarbejdet af "The World Commission on Environment and Development" under FN.
- Gyldenkærne, S., Albrektsen, R., 2008. Revurdering af ammoniakemissionen 2003-2007. Baggrundsnotat til vandmiljøplan III. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, Denmark.
- Heidmann, T., Nielsen, J., Olesen, S.E., Christensen, B.T., Østergaard, H.S., 2001. Ændringer i indhold af kulstof og kvælstof i dyrket jord: Resultater fra Kvadratnettet 1987-1998. Report from Danish Institute of Agricultural Science (DJF). Plant Science No 54. 75 pp.
- Henriksen, H.J., Stisen, S., Trolborg, L., He, X., Jørgensen, L.F. 2015. Analyse af øget vandindvinding til markvanding. Danmarks og Grønlands geologiske undersøgelse rapport no. 29. 60 pp.
- Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H.D. and Page, S. 2006. PEAT-CO<sub>2</sub>, Assessment of CO<sub>2</sub> emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3943 (2006).
- IFA (2012). Statistics. International Fertilizer Association. Online at. <http://www.fertilizer.org/ifa/Homepage/Statistics>
- IPCC, 2006. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Available online at: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- IPCC. 2013. Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Wetlands. Available online at: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/home/wetlands.html>
- Johnson, J.M.F.m Allmaras, R.R., Reicosky, D.C. 2006. Estimating source carbon from crop residues, roots and rhizodeposits using the national grain-yield database. *Agronomy Journal*. 98, 622-636.
- Jørgensen, L.B. 2010. Energi i landbruget – forbrug og besparelser. En arbejdsrapport fra projektet 'Teknologi og miljø i landbruget – nye løsninger?'. Det Økologiske Råd. 26 pp.
- Kløverpris J, Elvig N, Nielsen P, Nielsen AM (2009), Comparative Life Cycle Assessment of Malt-based Beer and 100% Barley Beer. Novozymes A/S.
- Kløverpris, J.H., Bruun, S., Thomsen, I.K. 2016. Environmental life cycle assessment of danish cereal cropping systems. DCA rapport, nr. 81, 2016. 63 pp.
- Knudsen, M.T., Almeida, G.F., Langer, V., Abreu, L.S., Halberg. 2011. Environmental assessment of organic juice imported to Denmark: a case study on oranges (*Citrus sinensis*) from Brazil. *Organic Agriculture*. 1: 167-185.

- Knudsen, M.T., Hermansen, J.E., Cederberg, C. Herzog, F., Vale, J., Jeanneret, P., Sarthou, J.P., Friedel, J., Balazs, K., Fjellstad, W., Kainz, M., Wolfrum, S., Dennis, P. 2017. Characterization factors for land use impacts on biodiversity in Life Cycle Assessment based on direct measures of plant species richness in European farmland in the 'Temperate Broadleaf and Mixed Forest' biome. Knudsen, M.T., Hermansen, J.E., Olesen, J.E., Topp, C.F.E., Schelde, K., Angelopoulos, N., & Reckling, M. (2014). Climate impact of producing more grain legumes in Europe. Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector.
- Kolind, S. 2016. Emissioner af drivhusgasser ved dyrkning af vinterraps. SEGES Intern Rapport. 26 pp.
- Kolind, S.H. 2011. Markvandingsbehov 1987-2010. Landbrugsinfo, Planteavl. No 616. Online: [https://www.landbrugsinfo.dk/planteavl/vanding/sider/pl\\_11\\_616.aspx](https://www.landbrugsinfo.dk/planteavl/vanding/sider/pl_11_616.aspx)
- Kristensen, E.F., Gundtoft, S. 2003. Tørring af korn i lagertørringsanlæg. Grøn Viden. Markbrug nr. 282. Juli 2003. 8 pp.
- Kristensen, I. 2013. Centrale registre vedr. oplandsanalyse.
- Kristensen, I. S., Jørgensen, J. R. og Jørgensen, U. (2013). Udbytter af korn, halm, roer, majs og varigt græs, samt analyse af efterladt planterest ved høst af korn. Baggrundsnotat - Landbrug til "+10 mio. tonsplanen" - muligheder for en øget dansk leverance af bæredygtig biomasse til bioraffinaderier. Se [http://www.foi.life.ku.dk/Publikationer/specielle\\_FOI-udgivelser/10miotons.aspx](http://www.foi.life.ku.dk/Publikationer/specielle_FOI-udgivelser/10miotons.aspx) Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi. Specielle udgivelser.: 1-13.
- Kristensen, I. T. (2014). Arealfordeling, dyrehold og gødskning på konventionelle og økologiske brug i 2011, efter gødningsregnskaber, DFFE's Centrale LandbrugsRegister (CLR), Det Central Husdyrregister (CHR).
- Kristensen, T. 2010. Spørgeskema fra 2009 i besætninger med flere end 100 køer. Kvæginfo no. 2117.
- Kristensen, T. 2015. Beregning af grovfoderudbytte på kvægbrug ud fra regnskabsdata. DCA rapport nr. 57. DCA - Nationalt Center for fødevarer og jordbrug, Aarhus Universitet. 31 pp. Leinonen, I., Williams, A.G., Waller, A.H., & Kyriazakis, I. (2013). Comparing the environmental impacts of alternative protein crops in poultry diets: The consequences of uncertainty. *Agricultural Systems* 121 (2013) 33-42. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2013.06.008>
- Marinussen, M., Kernebeek, H.v, Broekema, R., Groen, E., Kool, A, Zeist, W.J. v, Dolman, M., Blonk, H. 2012a. LCI data for the calculation tool feedprint for greenhouse gas emissions of feed production and utilization. Sugar industry. Report from Blonk Consultants. 33 pp.

- Marinussen, M., Kernebeek, H.v, Broekema, R., Groen, E., Kool, A, Zeist, W.J. v, Dolman, M., Blonk, H. 2012b. LCI data for the calculation tool feedprint for greenhouse gas emissions of feed production and utilization. Cultivation oil seed and oil fruits. Report from Blonk Consultants. 50 pp.
- Marinussen, M., Kernebeek, H.v, Broekema, R., Groen, E., Kool, A, Zeist, W.J. v, Dolman, M., Blonk, H. 2012c. LCI data for the calculation tool feedprint for greenhouse gas emissions of feed production and utilization. Cultivationcereal grains. Report from Blonk Consultants. 50 pp.
- Mikkelsen M.H., Gyldenkærne, S., Poulsen, H.D., Olesen, J.E., Sommer, S.G., 2005. Estimates and methodology for emission of ammonia and greenhouse gasses from Danish Agriculture 1985 – 2002. National Environmental Research Institute, Denmark. Working report from NERI No. 204. . (In Danish with English summary). 83 pp. Online at: <http://www2.dmu.dk/Pub/AR231.pdf>
- Mikkelsen M.H., Gyldenkærne, S., Poulsen, H.D., Olesen, J.E., Sommer, S.G., 2006. Emission of ammonia, nitrous oxide and methane from Danish Agriculture 1985 – 2002. Methodology and Estimates. National Environmental Research Institute, Denmark. 90 pp –Research Notes from NERI No. 231. Online at: <http://www.dmu.dk/Pub/AR231.pdf>.
- Mikkelsen, M. (2010). "Høsttider i majshelsæd og kolbemajs, 2008 til 2010." *Oversigt over Landsforsøgene 2010*: 399-401.
- Mikkelsen, M. H., Albrektsen, R. og Gyldenkærne, S. (2011). Danish emission inventory for agriculture. Inventories 1985 - 2009. See <http://www.dmu.dk/Pub/FR810.pdf> . National Environmental Research Institute. 810: 1-140.
- Mikkelsen, M., Thøgersen, R., Nielsen, K.A. 2008. Høst og ensilæring af kolbemajs. *GrovfoderNyt* 160. [www.landbrugsinfo.dk/kvaeg](http://www.landbrugsinfo.dk/kvaeg)
- Mogensen, L., Hermansen, J.E., Lan Nguyen, Teodora Preda. 2015. Environmental impact of beef by life cycle assessment (LCA) - 13 Danish beef production systems. DCA rapport nr. 61, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet. 81 pp.
- Mogensen, L., Kristensen, T., Kristensen, I.S. 1999. Økologisk kvægproduktion. Teknisk-økonomisk gårdresultater 1997-98. Typetal for økologisk mælkeproduktion. DJF rapport nr. 10. Husdyr. 138 pp.
- Mogensen, L., Kristensen, T., Nguyen, T.L.T., Knudsen, M.T. 2011. Udlledning af klimagasser fra dyrkning, forarbejdning og transport af foder. In (Kristensen, T. & Lund, P., red.). *Kvæg og klima. Videnskabelig rapport nr. 1*, DCA – nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet. P. 73-90.
- Mogensen, L., Troels Kristensen, Thu Lan T. Nguyen, Marie Trydeman Knudsen, John E. Hermansen. 2014. Carbon footprint of cattle feeds – a method to include contribution from soil carbon changes. *Journal of Cleaner Production*. 73, 40-51.

- Møller, J. 2007. Majs på mange måder – konservering, foderværdi og pris. Bilag Kvæg Kongres, Februar 2007.
- Møller, J., Thøgersen, R., Helleshøj, M., Weisbjerg, M.R., Søgaard, K., Hvelplund, T., 2005. Fodermiddeltabel. Rapport nr. 112. Landscentret, Dansk Kvæg. 64 pp.
- Møller, S. og Sloth, N. M. (2014). "Næringsindhold i korn fra høsten 2014. Videncenter for Svineproduktion. [http://vsp.lf.dk/Notat\\_1432.pdf](http://vsp.lf.dk/Notat_1432.pdf)." Videncenter for svineproduktion. Notat 1432: 1-16.
- Møller, S., Christensen, T. B. og Sloth, N. M. (2012). "Næringsindhold i korn fra høsten 2012. Videncenter for svineproduktion." Videncenter for svineproduktion. Notat 1226: 1-13.
- Møller, S., Sloth, N. M. og Bruun, T. S. (2013). "Næringsindhold i korn fra høsten 2013. Videncenter for svineproduktion, se [http://vsp.lf.dk/Notat\\_1334.ashx](http://vsp.lf.dk/Notat_1334.ashx)." Videncenter for svineproduktion. Notat 1334: 1-16.
- Nielsen, O.K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Gyldenkerne, S., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Thomsen, M., Hjelgaard, K., Hoffmann, L., Fauser, P., Bruun, H.G., Johannsen, V.K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L., Møller, I.S., Caspersen, O.H., Rasmussen, E., Petersen, S.B., Baunbæk, L., Hansen, M.G. 2014. DENMARK'S NATIONAL INVENTORY REPORT 2014, Emission Inventories 1990-2012 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No 101. 1226 pp.
- Nielsen, P.H., Nielsen, A.M., Weidema, B.P., Dalgaard, R., Halberg, N. 2003. LCA Food data Base. Online at: [www.LcaFood.dk](http://www.LcaFood.dk)
- Nordic Sugar, 2015. Bestilling af HP-Pulp 2015. [www.nordicsugar.com](http://www.nordicsugar.com). 6 pp.
- NordZucher (2016). Fra Grønt Regnskab (Pers. medd. Hansen, J. april 2016)
- Olesen, J.E., Jørgensen, U., Hermansen, J.E., Petersen, S.O., Søgaard, K., Eriksen, J. Schjøning, P., Greve, M.H., Greve, M.B., Thomsen, I. Børgesen, C.D., Vinter, F.P. 2016. Græsdyrknings klima- og miljøeffekter. Svar til Miljø- og Fødevarerministeriet. Notat 18 pp.
- Pedersen, J. B., Nielsen, G. C. og Kristensen, H. (1996). Måling af bjærgede halmmængder 1994-96. Oversigt over Landsforsøgene, 1996, side 119.
- Pedersen, L.B., Buttenschøn, R.M., Jensen, T.S. 2001. Græsning på ekstensivt drevne naturarealer. Park- og Landskabsserien nr. 24. Skov og Landskab, Hørsholm. 66 sider.
- Petersen, B.M., Knudsen, M.T., Hermansen, J.E., Halberg, N., 2013. An approach to include soil carbon changes in the life cycle assessments. Journal of Cleaner Production. 52, 217-224.
- Poulsen, H.D. 2016. Normtal. 35 pp. Online: <http://anis.au.dk/normtal/>



- Refstrup, Anders. 2015. Fødevarer Aalborg, mail a 26. maj 2015
- Rockstrom, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F.S. III, Lambin, E.F., Lenton T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schelluhuber, H.J., Nykvist, B., De Witt, C.A., Hughes, T., Van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sarlin, S., Snyder, P.K., Constanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., Foley, J.A., 2009. A safe operating space for humanity. *Nature*. Vol. 461, pp 472-475, Macmillan Publishers Limited.
- Schmidt J, Brandão, M. 2013. LCA screenings of biofuels. iLUC, biomass manipulation and soil carbon. Available online at: <http://lca-net.com/publications/show/lca-screening-biofuels-iluc-biomassmanipulation-soil-carbon/>
- Schmidt, J.H., Dalgaard, R., 2012. National and farm level carbon footprint of milk – Methodology and results for Danish and Swedish milk in 2005 at farm gate. Report for Arla Foods, Aarhus, Denmark. 105 pp.
- Schmidt, J.H., Merciai, S., Thrane, M., Dalgaard, R. 2011. Inventory of country specific electricity in LCA – Consequential and attributional scenarios. Methodology report v2. 2.-0 LCA consultants, Aalborg.
- Schneider, L., Finkbeiner, M. 2013. Life cycle assessment of EU oilseed crushing and vegetable oil refining. Report from Technische Universität Berlin, Sustainable Engineering, 59 pp.
- SEGES. 2015. Udtræk fra slætprognosen for år 2015. Online: [https://www.landbrugsinfo.dk/Kvaeg/Foder/Grovfoder/Slætgræs/Sider/PL\\_Slætprognose.aspx](https://www.landbrugsinfo.dk/Kvaeg/Foder/Grovfoder/Slætgræs/Sider/PL_Slætprognose.aspx)
- Sehested, J. & Søndergaard, E. 2014. Biprodukter fra produktion af bioenergi som fodermidler til malkekøer. DCA rapport no. 20.
- SIK Foder. 2013. LCA data for fodermedel. (Results updated between 2010-2013). Online at: <http://www.sikfoder.se/Sv/LCA-resultat>
- Søgaard, K. (1988). "Dyrkning af græs og kløvergræs." SP Beretning S 1954: 1-100.
- Spoerri, A., Kaegi, T. 2015. LCA of EU sugar beet sugar. Part II: Conducting a LCA of sugar production in the European Union. *Technology*. 140, 553-566.
- Stensig, T., Strudsholm, F., Nielsen, E.S., Weisbjerg, M.R., Kristensen, V.F., Andersen, H.R., Hermansen, J.E., Møller, E. 1993. Beskrivelse af fodermidler – karakteristika og anvendelse til Kvæg. Landsudvalget for Kvæg. Rapport nr. 26. 260 pp.
- Stoessel, F., Juraske, R., Pfister, S., Hellweg, S. (2012) Life Cycle Inventory and Carbon and Water Footprint of Fruits and Vegetables: Application to a Swiss Retailer. *Environmental Science & Technology* 6(46) 3253-3262. <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es2030577>

- Taghizadeh-Toosi, A., Christensen, B. T., Hutchings, N. J., Vejlin, J., Kätterer, T., Glendining, M. og Olesen, J. E. (2014). C-TOOL – A soil carbon model and its parameterisation. *Ecological modelling* 292: 11-25.
- Thøgersen, R. og Kjeldsen, A.M. 2017. Tilgået 29. marts 2017 via: <https://www.landbrugsinfo.dk/Kvaeg/Tal-om-kvaeg/Sider/fod2016.aspx>
- Vellinga, T.V., Blonk, H., Marinussen, Zeist, W.J.v., Boer, I.J.M., Starmans, D., 2013. Methodology used in FeedPrint: a tool quantifying greenhouse gas emissions of feed production and utilization. Report No 674. Wageningen UP Livestock Research. 108 pp.
- Vils, E. og Sloth, N. M. (2003). Næringsindhold i korn fra høsten 2003, Landsudvalget for Svin, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret /Svin. 0345 1-6.
- Vinther, F.P., Hansen, S. 2004. SimDen - a simple empirical model for quantification of N<sub>2</sub>O emission and denitrification. DIAS Report. Plant. No. 104. (In Danish with English summary). 47 pp. Online at: <http://web.agrsci.dk/djfpublikation/djfpdf/djfma104.pdf>
- YARA. 2014. Beregning af gødningsproduktionens carbon footprint. Online at: [www.yara.dk](http://www.yara.dk)
- Zeist, WJ, Marinussen, M., Broekema, R., Groen, E., Kool, A, Dolman, M., Blonk, H. 2012a. LCI data for the calculation CF for GHG emission of feed production and utilization. Crushing Industry. Report from Blonk Consultants. 60 pp.
- Zeist, WJ, Marinussen, M., Broekema, R., Groen, E., Kool, A, Dolman, M., Blonk, H. 2012b. LCI data for the calculation tool feedprint for greenhouse gas emissions of feed production and utilization. Dry milling industry. Report from Blonk Consultants. 26 pp
- Zeist, WJ, Marinussen, M., Broekema, R., Groen, E., Kool, A, Dolman, M., Blonk, H. 2012c. LCI data for the calculation tool feedprint for greenhouse gas emissions of feed production and utilization. Sugar industry. Report from Blonk Consultants. 17 pp
- Zeist, WJ, Marinussen, M., Broekema, R., Groen, E., Kool, A, Dolman, M., Blonk, H. 2012d. LCI data for the calculation tool feedprint for greenhouse gas emissions of feed production and utilization. Wet milling industry. Report from Blonk Consultants. 24 pp

## Appendix 1. Bæredygtighedstal per kg foder

**Table A1.1.** Bæredygtighedstal for dansk produceret korn og raps per kg foder

	Byg kerne	Hvede kerne	Havre kerne	Rug kerne	Triticale kerne	Raps- Frø <sup>1)</sup>	Byg halm	Hvede halm
<b>Klimaaftryk (CF), g CO<sub>2</sub>-ækv.</b>								
Dyrkning	425	390	417	469	522	791	40	36
Forarbejdning	6	6	6	6	6	0	0	0
Transport	11	11	11	11	11	60	11	11
C i jord	131	-1	107	45	64	104	9	2
LUC indirekte	267	191	301	265	270	390	25	18
LUC direkte	0	0	0	0	0	0	0	0
I alt CF excl. C i jord og LUC	443	408	435	487	540	851	51	48
I alt CF inklusiv C i jord	575	407	541	532	604	955	60	50
I alt CF inkl. C i jord og LUC <sub>indirekte</sub>	842	598	842	798	874	1345	85	68
I alt CF inkl. C i jord og LUC <sub>direkte</sub>	575	407	541	532	604	955	60	50
<b>Potentiel eutrofiering (EP), g NO<sub>3</sub>-ækv.</b>								
Dyrkning	58,8	32,8	54,5	58,7	77,3	104,0	4,8	3,0
Forarbejdning	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Transport	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	0,0	0,0
I alt EP	59,1	33,1	54,8	58,9	77,5	104,9	4,8	3,0
<b>Energiforbrug (NRE), MJ</b>								
Dyrkning	2,1	1,8	2,1	2,2	2,4	3,8	0,2	0,2
Forarbejdning	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Transport	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8	0,0	0,0
I alt NRE, MJ	2,4	2,1	2,4	2,5	2,7	4,6	0,2	0,2
<i>heraf fra diesel</i>	0,6	0,5	0,6	0,7	0,7	0,9	0,1	0,0
<i>heraf vanding og tørring</i>	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0
<i>heraf handelsgødningsfremstilling</i>	1,3	1,1	1,2	1,3	1,4	2,5	0,1	0,1
<b>Arealforbrug, m<sup>2</sup></b>	1,87	1,33	2,10	1,86	1,89	2,72	0,18	0,12
<b>Biodiversitet, PDF-index</b>	1,27	0,91	1,43	1,26	1,28	1,85	0,12	0,08
<i>Tørstof, kg TS/kg foder</i>	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,93	0,85	0,85
Andel dansk	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,70	1,0	1,0

**Tabel A1.2.** Bæredygtighedstal for importeret foder og bi-produkter per kg foder

	Raps- kage	Rapsskrå	Hvedeklid	Korn- bærme DDGS	Grønpil- ler	Melasse	Pulp frisk	HP-pulp	Roe- piller
<b>Klimaaftryk (CF), g CO<sub>2</sub>-ækv.</b>									
Dyrkning	376	326	212	401	414	59	10	12	42
Forarbejdning	15	36	33	279	740	70	12	15	477
Transport bedrift til fabrik	25	22	5	20	27	10	2	2	7
Transport i alt	63	118	77	76	121	151	30	30	78
C i jord	39	34	-19	-36	-90	10	2	2	7
LUC indirekte	185	161	103	195	177	36	6	8	25
LUC direkte	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I alt CF	453	480	322	755	1275	280	52	57	596
I alt CF inkl C i jord	493	514	303	720	1185	290	54	60	603
I alt CF inkl C i jord og LUCindirekte	678	675	406	915	1362	326	60	67	628
I alt CF inkl C i jord og LUCdirekte	493	514	303	720	1185	290	54	60	603
<b>Potentiel eutrofiering (EP), g NO<sub>3</sub>-ækv.</b>									
Dyrkning	50,1	43,5	18,8	35,6	30,5	2,0	0,3	0,4	1,4
Forarbejdning	0,17	0,26	1,14	1,57	7,88	0,20	0,03	0,04	1,46
Transport	0,91	1,88	0,95	0,94	1,74	3,51	0,33	0,34	1,53
I alt EP	51,2	45,6	20,9	38,1	40,2	5,7	0,7	0,8	4,4
<b>Energiforbrug (NRE), MJ</b>									
Dyrkning	1,8	1,5	1,0	1,8	2,0	0,3	0,1	0,1	0,2
Forarbejdning	0,2	0,5	0,6	6,2	7,7	1,3	0,2	0,3	8,7
Transport	0,9	1,7	1,1	1,1	1,7	2,3	0,4	0,4	1,1
I alt NRE, MJ	2,9	3,8	2,6	9,1	11,4	3,9	0,7	0,8	10,0
<b>Arealforbrug, m<sup>2</sup></b>	1,30	1,13	0,72	1,36	1,23	0,25	0,04	0,05	0,18
<b>Biodiversitet, PDF-index <sup>1)</sup></b>	0,9	0,8	0,5	0,9	0,1	0,2	0	0	0,1
<i>Tørstof, kg TS/kg foder</i>	0,89	0,88	0,87	0,9	0,92	0,74	0,22	0,27	0,89
Andel dansk	0,70	0,00	0,00	0,00	0,20	0,10	1,00	1,00	0,53

**Tabel A1.3.** Bæredygtighedstal for importeret foder og bi-produkter per kg foder

	Malt- spirer	Mask, frisk	Mask, tørret	Sol- sikkefrø	Sol- sikke- kage	Sol- sikke- skrå	Soja- bønner	Soja- skrå	Soja- skaller
<b>Klimaaftryk (CF), g CO<sub>2</sub>-ækv.</b>									
Dyrkning	80	7	26	1522	1014	866	237	187	94
Forarbejdning	21	0	469	0	137	143	0	61	30
Transport <i>bedrift til fabrik</i>	4	0	0	0	19	16	50	39	20
Transport i alt	8	4	4	132	151	148	315	305	285
C i jord	28	2	7	146	97	83	143	112	56
LUC <i>indirekte</i>	51	3	12	1150	766	654	479	378	190
LUC <i>direkte</i>	0	0	0	0	0	0	4481	3554	1817
I alt CF	109	11	499	1653	1301	1157	552	552	409
I alt CF <i>inkl C i jord</i>	137	13	506	1800	1398	1241	695	665	466
I alt CF <i>inkl C i jord og LUC indirekte</i>	188	16	518	2950	2164	1895	1174	1042	655
I alt CF <i>inkl C i jord og LUC direkte</i>	137	13	506	1800	1398	1241	5176	4219	2283
<b>Potentiel eutrofiering (EP), g NO<sub>3</sub>-ækv.</b>									
Dyrkning	10,8	0,7	2,6	188,1	125,3	107,0	11,2	8,8	4,4
Forarbejdning	0,1	0,00	1,5	0	0,9	0,7	0	0,3	0,2
Transport	0,09	0,05	0,05	3,00	3,21	3,18	4,62	4,50	4,27
I alt EP	10,93	0,76	4,13	191,09	129,38	110,96	15,78	13,64	8,86
<b>Energiforbrug (NRE), MJ</b>									
Dyrkning	0,4	0,1	0,2	9,5	6,3	5,4	1,2	1,0	0,5
Forarbejdning	0,4	0	8,5	0	0,5	0,8	0	0,8	0,4
Transport	0,1	0,1	0,1	2,0	2,2	2,2	4,4	4,3	4,0
I alt NRE, MJ	0,9	0,1	8,8	11,4	9,0	8,4	5,7	6,1	4,9
<b>Arealforbrug, m<sup>2</sup></b>	0,35	0,02	0,09	8,04	5,36	4,58	3,35	2,64	1,33
<b>Biodiversitet, PDF-index</b>	0,2	0	0,1	5,5	3,6	3,1	2,3	1,8	0,9
<i>Tørstof, kg TS/kg foder</i>	0,95	0,25	0,91	0,92	0,93	0,89	0,85	0,87	0,88
Andel dansk	1,00	1,00	1,00	0	0	0	0	0	0

**Tabel A1.4.** Bæredygtighedstal for importeret foder og bi-produkter per kg foder

	Majs-kerne	Majs-gluten <sup>2)</sup>	Citruskvas	Palme-olie	PFAD	Ca forsæbet	Mættet PFAD	Palmekage
<b>Klimaaftryk (CF), g CO<sub>2</sub>-ækv.</b>								
Dyrkning	382	1302	44	729	1286	1164	1338	177
Forarbejdning	0	568	517	852	51	279	16	86
Transport <i>bedrift til fabric</i> <sup>1)</sup>	0	0	9	16	0	0	0	0
Transport i alt <sup>1)</sup>	105	251	266	349	323	323	323	333
C i jord <sup>2)</sup>	56	68	0	2645	2131	1854	2131	294
LUC indirekte	164	200	12	290	234	203	234	32
LUC direkte	0	0	0	1933	1557	1355	1557	246
I alt CF	487	2121	827	1930	1661	1766	1677	597
I alt CF inkl C i jord	543	2189	827	4574	3792	3620	3807	890
I alt CF inkl C i jord og LUC indirekte	707	2390	839	4864	4025	3823	4041	923
I alt CF inkl C i jord og LUC direkte	543	2189	827	6507	5349	4975	5364	1136
<b>Potentiel eutrofiering (EP), g NO<sub>3</sub>-ækv.</b>								
Dyrkning	51,4	70,5	1,6	138,1	113,0	98,9	113,7	15,6
Forarbejdning	0,0	6,8	1,2	2,0	0,7	1,0	0,2	0,2
Transport	1,6	4,2	4,0	5,3	4,7	4,7	4,7	5,1
I alt EP	53,0	81,5	6,8	145,4	118,5	104,7	118,6	20,9
<b>Energiforbrug (NRE), MJ</b>								
Dyrkning	1,9	13,6	0,6	3,4	3,4	3,9	4,5	0,5
Forarbejdning	0,0	8,0	9,2	0,6	1,1	7,1	0,2	1,3
Transport	1,5	3,5	3,7	4,9	4,5	4,5	4,5	4,7
I alt NRE, MJ	3,4	25,1	13,5	8,9	9,0	15,6	9,3	6,5
<b>Arealforbrug, m<sup>2</sup></b>	1,15	1,40	0,08	2,03	1,63	1,42	1,63	0,23
<b>Biodiversitet, PDF-index</b>	0,78	0,95	0,06	1,38	1,11	0,97	1,11	0,15
<i>Tørstof, kg TS/kg foder</i>	0,88	0,91	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	0,91
Andel dansk	0,20	0,00	0,00	0	0	0	0	0

1) Ekstra transportbidrag pga. termotransport af PFAD fedt ej inkluderet

2) For palmeprodukter er 'C i jord bidrag' det bidrag der kommer som følge af dyrkning af tørvejord

## Appendix 2. Input og output fra dyrkning af danske fodermidler

**Tabel A2.1.** Input og output for dyrkning af 1 ha dansk korn og raps

	Byg	Hvede	Havre	Rug	Triticale	Rapsfrø
<b>Input per ha</b>						
Handelsgødning, kg N	119	149	91	125	143	166
Handelsgødning, kg P	21	19	23	18	20	26
Handelsgødning, kg K	55	71	67	52	39	82
Udsæd, kg	150	170	160	90	170	5
Kalk, kg	165	165	165	165	165	165
Olie, smøremiddel, l	8	10	8	9	9	9
El, vanding, kWh	34	47	34	47	47	40
El, tørring, kWh	98	138	88	99	97	69
Olie, tørring, l	8	11	7	8	8	6
Diesel til markarbejde, l	78	96	79	94	93	93
<b>Output per ha</b>						
Nettoudbytte, kg TS	4390	6190	3970	4450	4380	3360
Nettoudbytte, FE	4878	7458	3642	5235	5214	6340
Nettoudbytte, kg	5165	7282	4671	5235	5153	3632
Halm/top udbytte, kg TS	2439	3405	2382	3560	2628	3024
Halm høstet, % <sup>1)</sup>	69	58	35	57	55	21

1) Gns. DK halmanvendelse

**Tabel A2.2.** Input og output for dyrkning af 1 ha dansk grovfoder og roer

	Byg- helsæd	Kl græs ens.	Kl græs afgræs.	Græs ens.	Vedv græs afgræs.	Natur græs afgræs.	Majs ens.	Kolbe majs	Roer	Sukker- roer
Input per ha										
Handelsgødning, kg N	106	192	192	313	33	14	143	143	153	96
Handelsgødning, kg P	25	32	32	33	8	4	45	45	41	44
Handelsgødning, kg K	129	172	172	214	28	12	137	137	299	150
Udsæd, kg	100	12	12	12	0	0	5	5	5	5
Kalk, kg	165	165	165	165	0	0	165	165	165	165
Olie, smøremiddel, l	9	7	1	8	1	1	12	8	9	9,1
El, vanding, kWh	93	161	161	161	0	0	69	69	64	60 <sup>1)</sup>
El, tørring, kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Olie, tørring, l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diesel til markarbejde, l	89	90	9	101	6	6	115	81	91	91
Output per ha										
Nettoudbytte, kg TS	6562	8099	6391	9111	2506	696	9909	5969	12130	13178
Nettoudbytte, FE	4800	6727	6087	7567	1800	500	8513	6384	12010	12920
Nettoudbytte, kg	-	-	-	-	-	-	-	-	67389	59900
Halm/top udbytte, kg TS	0	0	0	0	0	0	0	4830	3600	3911
Halm/top høstet, %	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0

1) Sukkerroer dyrkes typisk på arealer, hvor der ikke er vandingstilladelse



### Appendix 3. Kvælstofbalancer fra dyrkning af danske fodermidler

**Tabel A3.1.** Kvælstof og fosforbalancer for dyrkning af 1 ha dansk korn og raps

	Byg		Hvede		Havre		Rug		Triticale		Rapsfrø	
Andel halm fjernet, %	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0
N-balance, kg N/ha												
<b>Input</b>												
Kunstgødning	119	119	149	149	91	91	125	125	143	143	166	166
Udsæd	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	0	0
Fixering	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Atmosfærisk deposition	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Total input	135	135	165	165	107	107	140	140	159	159	180	180
<b>Output</b>												
Netto udbytte, kerne	76	76	100	100	61	61	65	65	72	72	104	104
Halm udbytte	16	0	18	0	14	0	22	0	14	0	16	0
Total Output	92	76	118	100	76	61	87	65	85	72	120	104
N-overskud	44	59	47	65	32	46	53	75	74	88	60	76
<b>Tabsposter N</b>												
NH <sub>3</sub> -N	4,3	4,3	4,8	4,8	3,7	3,7	4,4	4,4	4,7	4,7	5,2	5,2
NO-N	0,6	0,6	0,7	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7
N <sub>2</sub> O-N direkte	1,7	1,9	2,6	2,7	1,5	1,6	2,1	2,3	2,3	2,4	2,3	2,5
N <sub>2</sub> -N	3,3	3,6	5,0	5,2	2,8	3,1	4,1	4,4	4,3	4,5	4,4	4,7
N <sub>2</sub> O-N indirekte	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5
Δ N i jord 100 år perspektiv, kg N/ha <sup>1)</sup>	-22	-13	-5	7	-20	-11	-12	0	-14	-4	-19	-8
Potentiel N udvaskning <sup>2)</sup>	55	62	39	44	42	47	54	62	75	79	66	70
Følsomhedsanalyse, 20 år perspektiv Δ N i jord												
Δ N i jord, kg N/ha	-47	-28	-11	15	-42	-23	-26	1	-29	-9	-41	-17

Potentiel udvaskning	80	77	45	36	64	60	68	62	91	84	87	80
Følsomhedsanalyse												
Udvaskning ifølge IPCC kg N/ha	53	55	67	69	44	46	62	65	68	69	77	79
P-balance, kg P/ha												
Input												
Kunstgødning	21	21	19	19	23	23	18	18	20	20	26	26
Udsæd	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,5	0,5	0,0	0,0
Total input	21	21	20	20	23	23	18	18	20	20	26	26
Output												
Nettoudbytte	17	17	22	22	14	14	14	14	16	16	26	26
Halmudbytte	2	0	3	0	3	0	4	0	3	0	3	0
Total Output	19	17	25	22	17	14	18	14	18	16	28	26
P-overskud	3	5	-5	-2	6	9	0	4	2	5	-2	0
$\Delta P$ i jord	2,5	4,7	-5,0	-2,1	5,7	8,9	0,5	3,9	2,1	4,6	-2,2	0,5
Potentiel udvaskning, kg PO <sub>4</sub> -P	0	0,1	0	0	0,2	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0	0,0

1) 100 års perspektiv

2) Beregnet som rest, når overskud er fratrukket andre tabsposter

**Tabel A3.2.** Kvælstof og fosforbalancer for dyrkning af dansk grovfoder og roer

	Byg- helsæd	Kl græs ens.	Kl græs afgræs.	Græs ens.	Vedv græs afgræs.	Natur græs afgræs. <sup>1)</sup>	Majs ens.	Kolbe majs	Roer
N-balance, kg N/ha									
<b>Input</b>									
Kunstgødning	106	192	192	313	33	14	143	143	153
Udsæd	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Fixering	0	80	80	0	12	3	0	0	0
Atmosfærisk deposition	14	14	14	14	14	8	14	14	14
Total input	121	286	286	327	59	25	157	157	167
<b>Output</b>									
Netto udbytte	111	214	215	241	58	16	125	88	144
Halm udbytte	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Output	111	214	215	241	58	16	125	88	144
N-overskud	11	72	71	87	1	9	32	69	23
<b>Tabsposter N</b>									
NH <sub>3</sub> -N	4,0	4,1	4,1	6,4	1,1	0,8	4,7	4,7	4,9
NO-N	0,5	0,6	0,6	0,9	0,2	0,1	0,6	0,6	0,7
N <sub>2</sub> O-N direkte	1,4	3,0	3,9	4,3	0,5	0,2	1,9	2,0	3,1
N <sub>2</sub> -N	2,8	5,7	6,6	8,3	1,0	0,3	3,7	3,8	5,8
N <sub>2</sub> O-N indirekte	0,2	0,4	0,4	0,5	0,0	0,0	0,3	0,5	0,1
Δ N i jord 100 år perspektiv, kg N/ha <sup>2)</sup>	-29	20	28	27	3,1	0	-26	-19	-12
Potentiel N udvaskning <sup>3)</sup>	31	38	28	38	-5	2,5	46	77	21
<b>Følsomhedsanalyse, 20 år perspektiv Δ N i jord</b>									
Δ N i jord, kg N/ha	-63	42	59	58	-	-	-55	-41	-27
Potentiel udvaskning <sup>3)</sup>	64	16	0	7	-	-	76	98	35
<b>Følsomhedsanalyse</b>									
Udvaskning ifølge IPCC kg N/ha <sup>1)</sup>	53	72	77	107	14	5	63	70	88

P-balance, kg P/ha									
Input									
Kunstgødning	25	32	32	33	8	2	45	45	41
Udsæd	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total input	25	32	32	33	8	2	45	45	41
Output	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nettoudbytte	19	32	26	36	10	3	23	14	21
Halmudbytte	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Output	19	32	26	36	10	3	23	14	21
P-overskud	6	0	6	-3	-2	0	22	31	20
Δ P i jord	6,1	-0,4	6,2	-3,3	-2,0	-0,4	21,5	30,3	19,8
Potentiel udvaskning, kg PO <sub>4</sub> -P	0,2	0	0,2	-0,1	0	0	0,7	0,9	0,6

1) I afgræsset naturgræs er der målt N-udvaskning på 2,5 kg N/ha (Pedersen et al., 2001, cf Eriksen et al., 2014). Dette er antaget at være niveauet for potentiel udvaskning, uden at det helt kan eftervises med N balance-metoden. Depositionen er sandsynligvis noget lavere på naturgræs, i størrelsesorden måske 7-9 kg N/ha (Elleman et al., 2013).

2) 20 års perspective

3) Beregnet som rest, når overskud er fratrukket andre tabsposter

## Appendix 4. Gennemsnitlige jordtyper på konventionelle kvæg- og plantebedrifter

**Tabel A4.1.** På hvilke jordtyper dyrkes de forskellige grovfoderafgrøder på konventionelle kvægbrug, % (Opgørelse fra De Centrale Registre, 2007-11).

Afgørde		Andel jordtype,%				
		Uvandet grovsand	Uvandet finsand	Vandet grovsand	Sandblandet lerjord	Lerjord
Majs, silo	Ensilage	17	19	54	9	1
Majs, silo	kolbemajs ens <sup>1)</sup>	17	19	54	9	1
Vårbyg, helsæd	Ensilage	21	26	42	9	1
Kl. græs < 50%	Ensilage	18	26	43	11	2
Kl. græs < 50%	Afgræsset	18	26	43	11	2
Græs	Ensilage	17	29	33	17	3
Vedv. Græs (251)	Afgræsset	27	38	13	17	5
Roer	Modenhed	17	29	41	12	1
Kvægbrug <sup>2)</sup>	Gns.	23	31	24	22	0

1) I budgetkalkulerne er der samme gødningstildeling til majs til helsæd og til kolbemajs ensilage

2) Anvendt som gennemsnitlig jordtype på konventionelle kvægbrug

**Tabel A4.2.** På hvilke jordtyper dyrkes de forskellige korn- og rapsafgrøder på konventionelle plantebrug, % (Opgørelse fra De Centrale Registre, 2007-11).

Afgørde		Andel jordtype,%				
		Uvandet grovsand	Uvandet finsand	Vandet grovsand	Sandblandet lerjord	Lerjord
Byg (vår)	modenhed	16	22	31	25	6
Hvede (vinter)	Modenhed	8	28	18	38	8
Havre (vår)	Modenhed	18	33	30	16	2
Rug (vinter)	Modenhed	26	26	38	9	1
Triticale (vinter)	Modenhed	24	35	31	10	1
Raps (vinter)	Modenhed	10	29	20	37	3
Sukkerroer (fabrik)	Modenhed	1	8	12	51	32
Plantebrug <sup>2)</sup>	Gns.	27	28	9	36	0

1) I budgetkalkulerne er der samme gødningstildeling til majs til helsæd og til kolbemajs ensilage

Anvendt som gennemsnitlig jordtype på konventionelle plantebrug

## Appendix 5. Halmanvendelse i Danmark

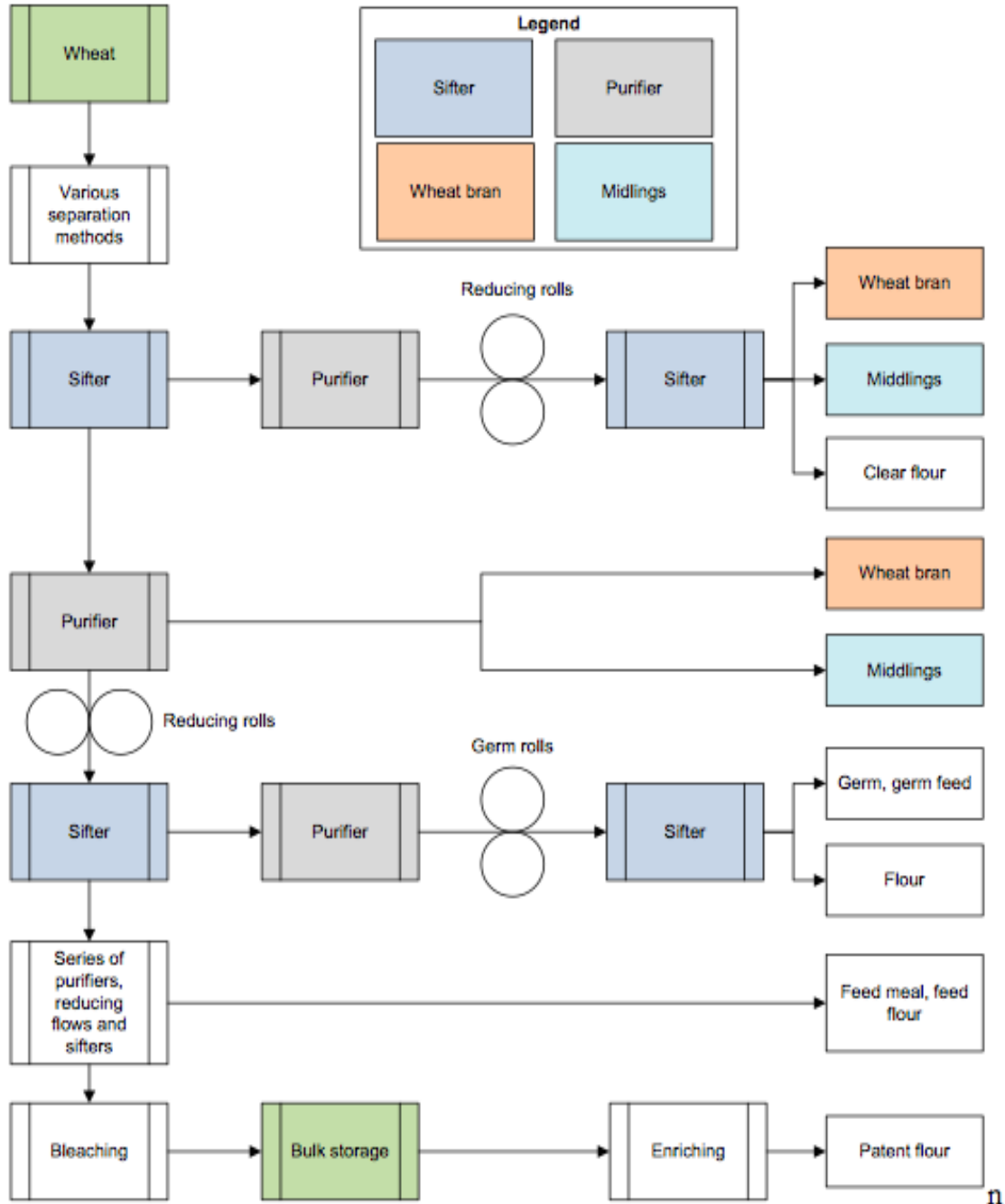
**Tabel A5.1.** Halmanvendelse i Danmark, gennemsnit for 2010-2014<sup>1)</sup>, %

	Til fyring	Til foder	Til strøelse	Ikke bjerget	Høstet i alt <sup>2)</sup>
Alle afgrøder	27	18	12	43	57
Korn i alt	28	20	12	39	61
Vinterhvede	37	12	10	42	58
Vårhvede	22	12	13	53	47
Rug	29	11	18	43	57
Triticale	28	13	14	45	55
Vinterbyg	26	29	16	29	71
Vårbyg	18	36	14	31	69
Havre og blandsæd	9	14	12	65	35
Majs til modenhed	0	3	4	93	7
RAPS I ALT	16	1	4	79	21
Vinterraps	16	1	4	79	21
Vårraps	12	0	1	86	13
BÆLGESÆD I ALT	4	4	2	90	10
Markærter	5	4	2	90	10

1) Baseret på data fra Danmarks Statistik (2017)

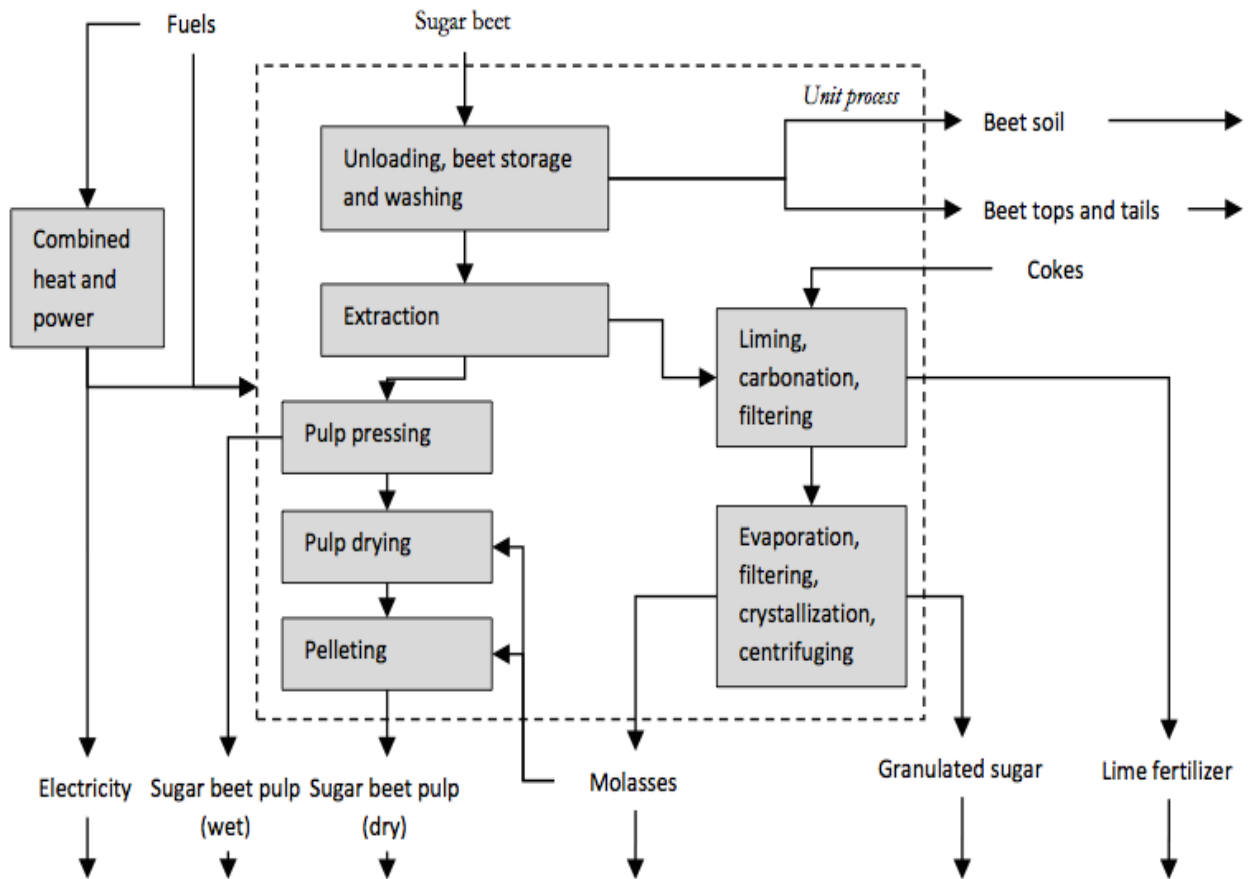
2) Summen af 'til fyring', 'til foder' og 'til strøelse'

Appendix 6. Hvedeklid.



Figur A6.1. Tør formaling af hvede, hvor et af biprodukterne er hvedeklid (Zeist et al., 2012b)

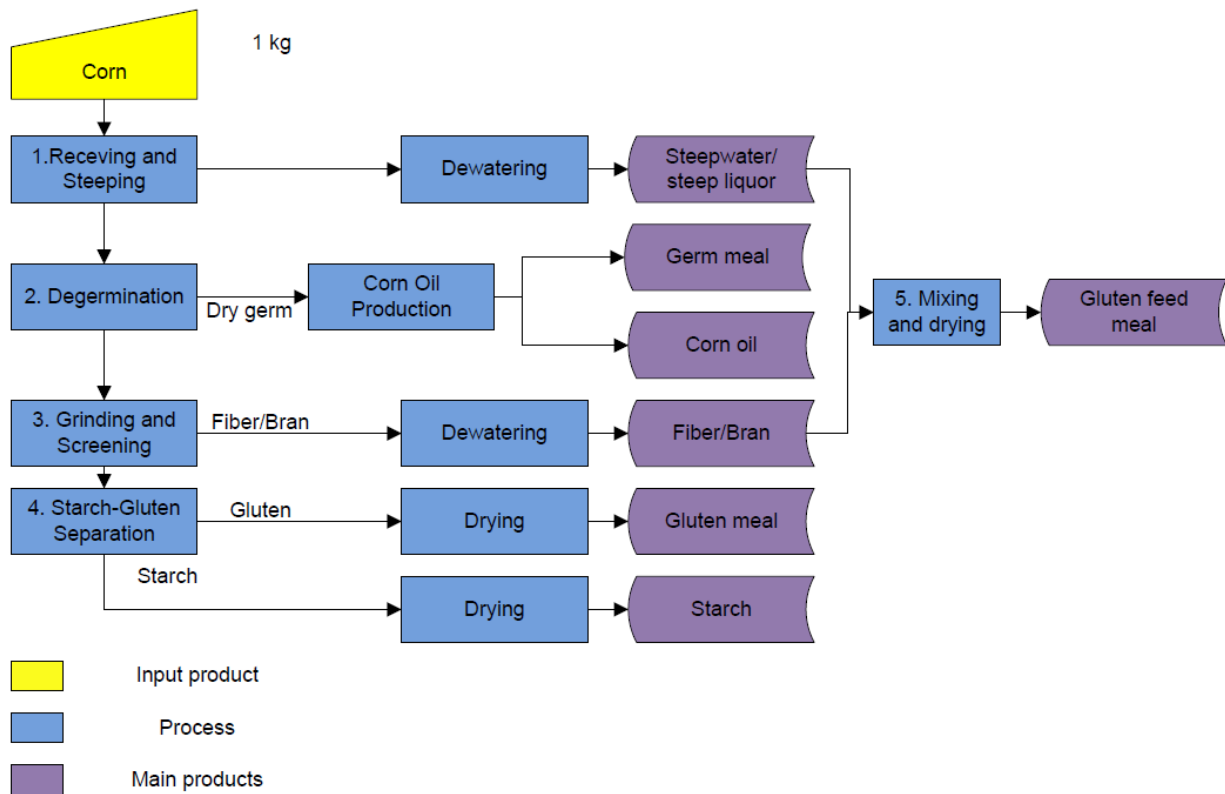
## Appendix 7. Biprodukter fra sukkerroeforarbejdning



**Figur A7.1.** Forarbejdning af sukkerroer til sukker, med biprodukterne roepiller (sugar beet pulp dry), melasse (molasses) og pulp (sugar beet pulp wet). Pulp kan vidreforarbejdes til HP-pulp (presset) eller til roepiller (tørret, sugar beet pulp dry) (Zeit et al., 2012c)



## Appendix 8. Majs gluten



**Figur A8.1.** Forarbejdning af majs (corn) til stivelse, gluten, fiber mm med biproduktion af majs gluten (gluten feed meal)

## Appendix 9. Forudsætninger for beregning af bæredygtighedsværdier af økologisk foder

### Metode

Til brug i afsnit 6.3 er der beregnet klimaaftryk for udvalgte økologiske foderemner. Der er anvendt samme metode som i resten af denne rapport, dvs. at foder antages dyrket med handelsgødning. For en økologisk kvægbedrift, der er selvforsynende med husdyrgødning, giver denne metode ikke problemer, når man regner på klimaaftryk. Men skal man beregne andre miljøpåvirkningskategorier, kræves der en tilpasning af metoden, hvilket er under udvikling.

### Udbytter og N tildeling i økologisk dyrket kvægfoder

Udgangspunktet er de konventionelle udbytter anvendt i denne rapport og litteraturværdier for forholdet mellem økologiske og konventionelle udbytter. Økologisk raps antages dyrket på økologiske plantebedrifter, mens det øvrige økologiske foder antages dyrket på økologiske kvægbedrifter.

**Table A9.1.** Udbytter og N input i typiske afgrøder på konventionelle og økologiske kvægbedrifter

	Konventionel <sup>1)</sup>		Øko. udbytte i % af konv.	Økologisk		Input		
	Udbytte	N input		Udbytte	N input	N	P <sup>2)</sup>	K <sup>2)</sup>
	Kg/ha	Kg N/ha <sup>3)</sup>		Kg/ha	Kg total N/ha <sup>4)</sup>	Plante N, kg /ha	Kg/ha	Kg/ha
Vårbyg	5165	119	78 <sup>5)</sup>	4029	120	84	18	89
Havre	4671	91	78 <sup>6)</sup>	3643	91 <sup>7)</sup>	64	14	68
Rapsfrø	3632	166	73 <sup>8)</sup>	2651	140 <sup>9)</sup>	98	22	104
Grovfoder	FE/ha			FE/ha				
Kløvergræs, afgræsset	6087	192	85 <sup>10)</sup>	5174	144	100	22	107
Kløvergræs, ensilage	6727	192	85 <sup>10)</sup>	5720	144	100	22	107
Majsensilage	8513	143	80 <sup>11)</sup>	6810	202	141	31	150
Andet	Kg/ha			Kg/ha				
Sojabønner	2610	0	100 <sup>12)</sup>	2610	0			

1) Se afsnit 5.2.1 og 5.2.2

2) Kvæggylle fra sengestalde med et N:P:K på 4,42 : 0,68 : 3,28 kg per ton gødning (Poulsen et al., 2016 fra Normtal 2016)

3) N fra handelsgødning

4) N fra kvæggylle i kg total N (70% udnyttelse antages)

5) Der er antaget et økologisk udbytte på 4029 kg /ha, svarende til 78% af det konventionelle udbytte baseret på FADN landbrugsstatistik fra 2008-2015 for kornudbytter på økologiske malkekvægbrug. Dette understøttes af økologiske typetal for vårkorn udbytter på økologiske kvægbrug (1987-97) på 3900 kg /ha (Mogensen et al., 1999),

samt tal fra Videnssynthesen (Askegaard, 2008 i Alrøe og Halberg, 2008), hvor udbyttet i vårkorn på økologiske kvægbedrifter på sandjord var 87%, og på lerjord 72% af det konventionelle udbytte.

- 6) Samme udbytte som for vårbyg antaget.
- 7) Samme forhold mellem kg N/ha til vårbyg og havre som for konventionelt dyrket (N input til havre er således 76% af det til byg)
- 8) Der er antaget et økologisk rapsudbytte på 2651 kg /ha, svarende til 73% af det konventionelle udbytte baseret på FADN landbrugsstatistik fra 2008-2015 for rapsudbytter på økologiske plantebrug, hvor den økologiske raps stort set dyrkes. Dette understøttes af tal fra Videnssynthesen (Askegaard, 2008), hvor udbyttet i raps på økologiske kvægbedrifter på sandjord var 76%, og på lerjord 95% af det konventionelle planteudbytte (Tilsvarende tal for økologiske plantebedrifter; sand 67%, ler 84%).
- 9) Antages fuldgødet dvs. 140 kg total N/ha på ikke kvægbedrifter (lavere end på kvægbedrifter)
- 10) Der er antaget et økologisk kløvergræsudbytte på 5720 FE/ha, svarende til 85% af det konventionelle udbytte baseret på økologiske typetal for kløvergræsudbytter på økologiske kvægbrug (1987-97) på 5608 FE /ha (83% af konv.)(Mogensen et al., 1999), samt tal fra Videnssynthesen (Askegaard, 2008), hvor udbyttet i kløvergræs på økologiske kvægbedrifter var 88% af det konventionelle udbytte. Kristensen (2015) antager dog, at økologisk græsudbyttet kun udgør 80% af det gns. konventionelle udbytte (Notat: Udbytte i foderafgrøder og indsats af næringsstoffer – hjemmeavlet foder kvægbrug)
- 11) Kristensen (2015) antager at økologisk majsudbytte udgør 80% af det gns. konventionelle udbytte
- 12) Det antages muligt at opretholde samme udbytte i økologiske sojabønner som i konventionelle

Input af N i gødning til afgrøder på kvægbrug er fastsat ud fra en antagelse om, at der på økologiske kvægbrug i gennemsnit udbringes 140 kg total N/ha, som er det er det maksimalt tilladelige efter branchereglerne. Der blev fundet en gennemsnitlig belægningsgrad på økologiske kvægbrug i perioden 2007-11 på 139 årskøer med opdræt på 163 ha sædskiftejord svarende til 1,49 DE/ha (Kristensen, 2015). Det antages, at de økologiske kvægbrugene stort set selv anvender den producerede gødning op til tilladelig mængde.

Den fordeling af de gennemsnitlige 140 kg total N udbragt per ha på økologiske kvægbrug, der er antaget i tabel A9.1 tager højde for den aktuelle andel af de forskellige afgrøder i sædskiftet, og differentiering af N mellem afgrøder baseret på dels forskellige N behov, typetallene (Mogensen et al. 1999) og ekspertudsagn. Kristensen (2015) fandt en afgrødefordeling på sædskiftejord på økologiske kvægbrug i perioden 2007-11 på 55,6% af arealet med kløvergræs (slæt og afgræsning), 8,4% af arealet med majs til ensilage og 35,9% af arealet med korn til modenhed og helsæd.

## Klimaaftryk i økologisk dyrket kvægfoder

**Tabel A9.2.** Klimaaftryk, arealforbrug og tab af biodiversitet (BD) i typiske foderafgrøder på økologiske kvægbedrifter, per kg tørstof (TS) foder

	Klimabidrag (CF), g CO <sub>2</sub> -ækv./kg TS								Areal, m <sup>2</sup>	BD tab, PDF-index
	Dyrkning	Forarbejdning	Transport	CF i alt	C i jord	LUC	CF m. C i jord	CF m. C i jord og LUC		
Vårbyg	507	8	13	527	245	403	772	1176	2,82	0,82
Havre	492	8	13	513	227	454	740	1194	3,17	0,92
Rapsfrø <sup>1)</sup>	814	0	64	878	271	577	1149	1726	4,03	1,17
Rapskage <sup>1)</sup>	389	17	71	477	122	286	599	885	2,00	0,58
Kløvergræs, afgræsset	368	0	0	368	-119	263	249	512	1,84	-0,22
Kløvergræs, ensilage	301	0	0	301	-58	208	243	451	1,45	-0,17
Majsensilage	325	0	0	325	133	180	458	639	1,26	0,37
Sojaskrå <sup>2)</sup>	214	69	348	645	129	432	773	1206	3,02	2,05
Grønpiller	328	804	132	1263	-63	226	1200	1426	1,58	-0,19

1) Økologisk raps antages at have samme transportbidrag som konventionelle

2) Økologisk soja antages at stamme fra Kina og Italien, hvilket giver ca. samme bidrag fra transport som konventionel

DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug er den faglige indgang til jordbrugs- og fødevareforskningen ved Aarhus Universitet (AU). Centrets hovedopgaver er videnudveksling, rådgivning og interaktion med myndigheder, organisationer og erhvervsvirksomheder.

Centret koordinerer videnudveksling og rådgivning ved de institutter, som har fødevarer og jordbrug, som hovedområde eller et meget betydende delområde:

Institut for Husdyrvidenskab  
Institut for Fødevarer  
Institut for Agroøkologi  
Institut for Ingeniørvidenskab  
Institut for Molekylærbiologi og Genetik

Herudover har DCA mulighed for at inddrage andre enheder ved AU, som har forskning af relevans for fagområdet.

## RESUME

I denne rapport er der udarbejdet en udvidet 'fodermiddeltabel', hvor der for de mest anvendte foderemner i dansk kvægproduktion er beregnet en værdi for udvalgte bæredygtighedsparametre; klimaaftryk, arealforbrug, påvirkning af biodiversitet, forbrug af fossile energi og potentiel eutrofiering.

Målet er, at landmand og konsulent i fremtiden kan sammensætte en foderration, der på samme tid er økonomisk optimal, opfylder de ernæringsmæssige anbefalinger, og hvor produktionen af foderet har belastet klima, miljø og biodiversitet mindst muligt. Det kræver, at fodermidlerne kan deklarerer med værdier for deres bæredygtighed. Hertil er der udviklet en metode baseret på livscyklusvurdering (LCA). Metoden og de anvendte produktionsdata er beskrevet i kapitel 2 til 5 og de resulterende bæredygtighedsparametre for de enkelte fodermidler i kapitel 6. Der er beregnet resultater for de mest anvendte foderemner i dansk kvægproduktion, herunder 17 slags hjemmeavlet foder og 26 typer indkøbt foder. Hvert foderemne er der defineret så det repræsenterer foderemnet opfodret i danske besætninger. For eksempel majsensilage dyrket med et gennemsnitlig input af gødning, udbytte og foderkvalitet.

