

# Klimabelastning for bedriften Knuthenlund

## - beregnet ved en livscyklusvurdering (LCA)

Af Lisbeth Mogensen og Marie Trydeman Knudsen, DJF, AU

15-12-09



## INDHOLD

1. **Beskrivelse af systemet**
2. **Klimabelastning fra Knuthenlund**
  - 2.1. Klimabelastning og hotspot analyse af basisscenarium
  - 2.2. Følsomhedsanalyse af basisscenarium
3. **Tiltag til forbedring af klimabelastningen**
  - 3.1. Energi - reduceret brug af fossil energi og øget energiproduktion
    - 3.1.1. Alternativt scenarium 1 (ekstra energi til korntørring)
  - 3.2. Kvælstof - mere effektiv udnyttelse og mindre tab
    - 3.2.1. Alternativt scenarium 2 (reduceret N-tildeling)
  - 3.3. Kulstof - øget binding i jord og biomasse
    - 3.2.1. Alternativt scenarium 3 (halmnedmuldning og efterafgrøder)
4. **Konklusion**

## BILAG

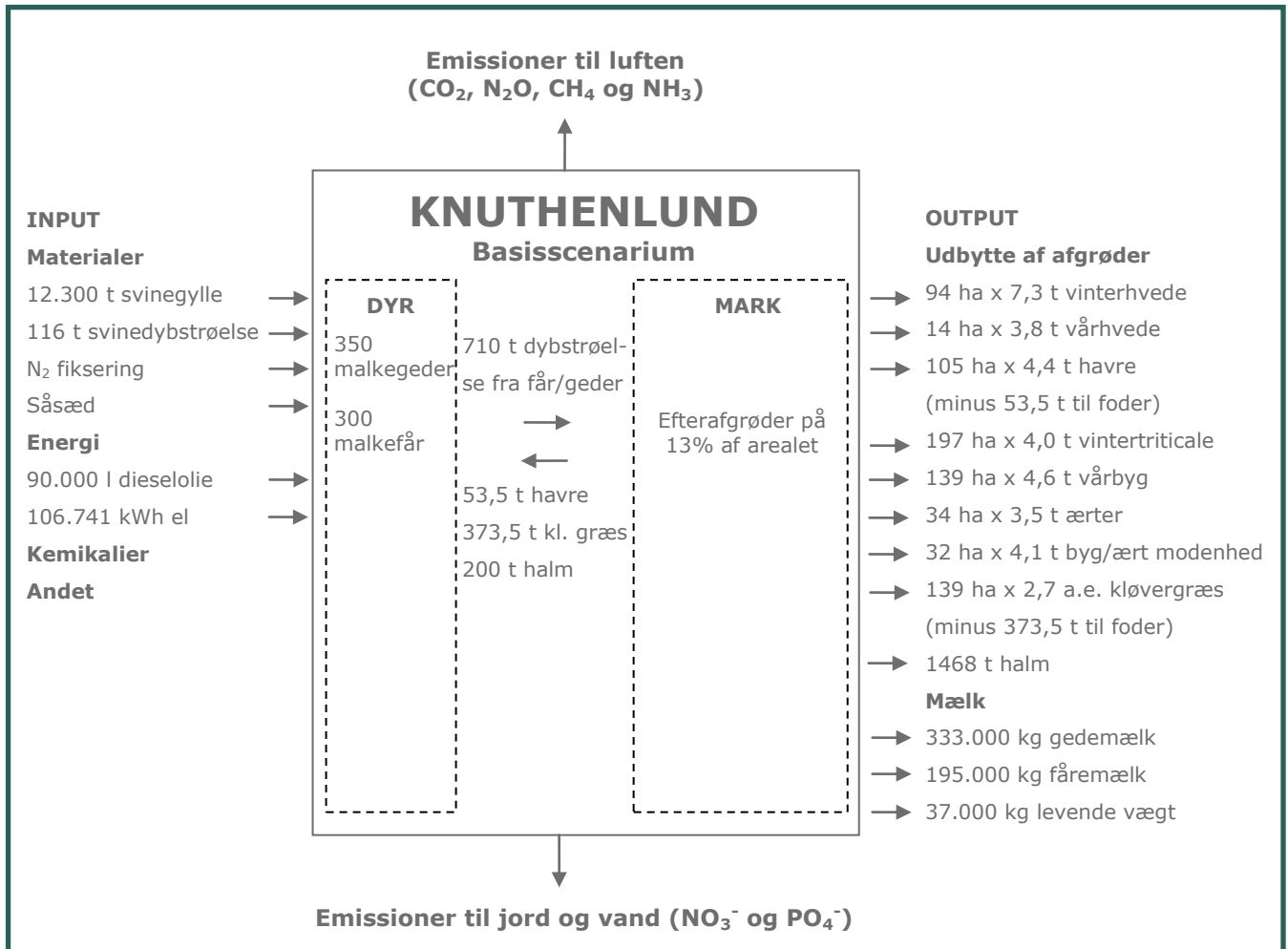
## Beskrivelse af systemet

Knuthenlund Gods ligger på Lolland på sandblandet lerjord til ren lerjord (JB 6-7). Omlægningen til økologisk drift blev påbegyndt i 2007. Bedriften består af 760 ha økologisk planteproduktion og et dyrehold med malkefår og -geder. På godset er der endvidere mejeri og gårdbutik, samt skovbrug (225 ha), produktion af pynteagræs (3,0 ha) og juletræer (9,7 ha). Såvel mejeri som skovbrug er holdt uden for denne analyse. Afgrødefordelingen og gødningstildelingen på Knuthenlund i dyrkningssæsonen 2009 er vist i Tabel 1.

**Tabel 1. Dyrkede afgrøder og gødningstildeling på Knuthenlund i 2009.**

Afgrøder	Areal (ha)	Forfrugt	Gødningstype	Total N tilført (kg N/ha)	Plantetilgængeligt N tilført (kg N/ha)
Vinterhvede	94,4	Havre	Svinegylle	98	74
Vårhvede	14	Vårbyg	Svinegylle	109	82
Havre	105	Vintertriticale	Svinegylle	70-78	53-59
Vintertriticale	196,7	Vinterhvede el. vårbyg	Svinegylle	98-115	74-86
		Vintertriticale	Svinegylle	78	59
		Vintertriticale	Svinegylle og dybstrøelse	175	108
Vårbyg	139,3	Ærter	Svinegylle	69	52
		Byg/ært til modenhed	Svinegylle	94	71
Kl.græs slæt og afgræsning	138,5	Kløvergræs, vinterhvede, vårbyg, havre eller byg/ært	-	-	-
Ært	34	Havre	-	-	-
Byg/ært til modenhed	32	Vintertriticale	Svinegylle	39	29
Vildtager	2,3	-	-	-	-
<b>I alt</b>	<b>756,2</b>				

Klimabelastningen for Knuthenlund Gods beregnes ved en livscyklusanalyse (LCA). En LCA er en miljøvurdering, hvor alle delprocesser, der påvirker fremstillingen af enten et specifikt produkt (f.eks. 1 kg hvede) eller som i dette eksempel de delprocesser, der påvirker en bedrifts samlede produktion, inddrages. Det vil i dette eksempel sige, at bidrag fra f.eks. fremstilling af indkøbte hjælpestoffer som husdyrgødning, energi i form af diesel og el indregnes i bedriftens samlede klimabelastning. I denne beregning er der indregnet delprocesser frem til produkterne forlader landbrugsbedriften. Alt hvad der går ind på bedriften i form af materialer, energi, kemikalier og andet tages med i beregningen og sammenholdes med det der går ud fra bedriften, i form af afgrøder, mælk og kød i dette tilfælde. Ud fra oplysningerne estimeres emissioner til jord, luft og vand og inddrages i beregningerne. I Figur 1 er input, output og emissioner for basisscenariet for Knuthenlund illustreret. I Bilag, Tabel B1 er bedriftens kvælstofbalance angivet.



**Figur 1. Illustration af input, output og emissioner der inddrages i beregningen af klimabelastningen for Knuthenlund. Skovdriften og mejeriet er ikke inddraget i beregningerne.**

Klimabelastningen beregnes for hele bedriften, som er den funktionelle enhed. Dog er såvel mejeri som skovbrug, som nævnt, holdt uden for denne analyse, dvs. for mælken vedkommende er klimabelastning til og med mælken forlader gården indregnet. Resultaterne for klimabelastningen angives som kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter for hele bedriften per år. CO<sub>2</sub>-ækv. er en fælles enhed for drivhusgasserne kuldioxid (CO<sub>2</sub>), lattergas (N<sub>2</sub>O) og metan (CH<sub>4</sub>), hvor klimaeffekten for CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O omregnes til CO<sub>2</sub>-ækvivalenter med hhv. en faktor 25 og 298, da disse drivhusgasser er langt kraftigere klimagasser end CO<sub>2</sub>. For at kunne sammenligne med resultater fra lignende bedrifter med økologisk planteproduktion angives endvidere resultatet pr ha. Endelig udregnes også klimaaftryk per energienhed i salgsafgrøder (her er valgt FE, således at produktionen af foder inddrages).

Input til bedriften er dels materialer i form af indkøbt husdyrgødning, kvælstoffiksering og såsåed og dels energi (Figur 2). Klimabelastningen for indkøbt husdyrgødning tillægges en værdi svarende til klimabelastningen ved at fremstille samme mængde plantetilgængeligt N i kunstgødning. Kvælstoffikseringen bidrager ikke direkte til lattergasemissionen (IPCC, 2006), men påvirker den potentielle udvaskning i form af N-input til kvælstofbalancen, og mængden af kvælstof udvasket har en afledt lattergasemission.

Input af energi består dels af det direkte energiforbrug på bedriften, dels det opgivne forbrug af diesel i marken og forbrug af el i husdyrholdet og til markdriften og dels af det indirekte energiforbrug fra maskinstationens transport og udbringning af husdyrgødning. Dieselforbruget hertil tillægges bedriftens klimabelastning.

Fra afgrødeproduktionen sker der en udledning af lattergas ( $N_2O$ ) fra udbragt husdyrgødning og fra afgrøderester efterladt på marken (både overjordiske og underjordiske rester medtages). Beregning af udledningen af lattergas i basisscenariet er vist i Bilag, Tabel B2. Fra husdyrholdet sker der en udledning af lattergas ( $N_2O$ ) fra gødning afsat af græssende får og geder, og fra gødning afsat i stalden, samt opbevaring af gødning før udbringning. Endvidere er der en indirekte udledning af lattergas fra ammoniakfordampningen (Bilag, Tabel B4) og nitratudvaskningen (Bilag, Tabel B1).

Fra afgrødeproduktionen sker der ligeledes en udledning af metan ( $CH_4$ ) fra det udbragte husdyrgødning. Beregningen af udledning af metan i basisscenariet er angivet i Bilag, Tabel B3. Det største bidrag til metanudledningen kommer fra husdyrholdet, fra dyrenes foderomsætning, samt fra gødning afsat af græssende får og geder, og fra gødning afsat i stalden, samt opbevaring af gødning før udbringning.

Bedriftens samlede udledning af drivhusgasser skal ses i forhold til den frembragte produktion, her salgsafgrøder samt foderforbruget til de græssende kvier.

I denne beregning er der i basisscenariet ikke indregnet et bidrag fra ændring af kulstof i jordpuljen.

### ***Basisscenarium (2009 data med malke- og gedehold i fuld drift)***

Beregning af klimabelastningen fra bedriften skal repræsentere nudriften i 2009, men med en fremskrivning af malke- og gedeholdet til en produktion i fuld drift – input er især baseret på antagelser og data ark fra ØL (Marie-Louise), samt foderplaner og oplysninger fra fodringskonsulenten (vinterplaner).

Afgrødefordeling og udbyttensniveau anvendt i beregningerne fremgår af tabel 1. Udbytterne er fastsat som det højeste af dels de gennemsnitlige udbytter opnået på Knuthenlund i perioden 2007 og 2009 og dels udbyttet opgivet i de økologiske afgrødekalkuler (JB 5-6). Kløvergræs udbyttet er antaget at svare til forbruget af kløvergræs i husdyrholdet. Effekten af et generelt lavere udbyttensniveau er undersøgt i en efterfølgende følsomhedsanalyse.

Halmudbyttet er beregnet ud fra forholdet mellem kerne og halm i de økologiske afgrødekalkuler og det faktisk anvendte udbytte i kerne.

Tabel 2. Produktionsomfang i marken i 2009: Arealfordeling og udbyttenuiveau (JB 6-7)

	Areal	Udbytte		Bemærkninger
	Ha <sup>3)</sup>	kerne, hkg ae <sup>1)</sup>	halm, t	
Vinterhvede	94,4	73	3,8	73 hkg = gns opnået i 2009 (65) og 2008 (80 hkg)
Vårhvede	14	38	1,5	38 hkg i økologikalkuler for JB 5-6
Havre	105	44	2,4	44 hkg i økologikalkuler for JB 5-6, (35 hkg opnået i 2008)
Vintertritikale	196,7	40	3,0	40 hkg i økologikalkuler for JB 5-6 (gns af opnået = 38 hkg, 11 hkg i 2009 og 65 hkg i 2008)
Vårbyg	139,3	46	2,3	46 hkg = opnået i 2008 (37 hkg i økologikalkuler for JB 5-6)
Kl.græs slæt og afgræsning	138,5	27		27 ae/ha svarer til det forventede opnåede forbrug til slæt og afgræsning (> 70 ae ifølge øko. Afgrødekalkuler)
Ært	34	35	1,7	35 hkg i økologikalkuler for JB 5-6 (15 hkg opnået i 2008)
Byg/ært modenhed	32	41	1,9	41 hkg i økologikalkuler for JB 5-6 (30 hkg opnået i 2008)
<b>I alt</b>	<b>756,2</b>	<b>32.561</b>	<b>1669</b>	
		Havre: 535	200 <sup>1)</sup>	
- Heraf eget forbrug		Kl.græs: 3735		
- Heraf solgt		28.286	1468 <sup>2)</sup>	

1) Eget halmforbrug er opgivet til 200 t – hvilket stemmer fint med et teoretisk niveau på 0,8 kg halm pr. moderfår eller ged per dag (Landbrugets Byggeblade 2009)

2) Ifølge dataark fra ØL bliver der solgt 700-800 t halm (men det faktiske udbyttenuiveau har også været lavere end antaget i scenarierne).

3) dataark fra ØL

Gødningsinput er fra markplanen 12.300 t svinegylle, 116 t dybstrøelse (778 kg total N), i alt 49.718 kg total N indkøbt husdyrgødning.

Produktionsomfanget i nedenstående tabel 2 er et antaget niveau for en besætning, der er fuldt indkørt.

Tabel 3. Produktionsomfang i stalden: malkefår og malkegeder

	Malkegeder	Malkefår
Antal moderdyr	350	300 <sup>1)</sup>
Antal fravænnede opdræt per moderdyr	1,5	1,5 <sup>3)</sup>
- Heraf antal opdræt anvendt til udskiftning	0,35	0,2 <sup>4)</sup>
Levende vægt ved slagting – moderdyr	60	70 <sup>4)</sup>
– opdræt	30	35
Fravænning, alder i dage	30	30
vægt i kg	12	15
Tilvækstperiode på græs efter fravænning, dage	120 væddere	120 væddere <sup>2)</sup>
	150 gimmere	150 gimmere
Samlet mælkeproduktion, kg	1003	703 <sup>2)</sup>
- Heraf til opdræt	53	53
- Heraf leveret	950	650
N i gødning ab dyr, kg N pr. moderdyr m. opdræt	21,0	33,0
- Heraf moderdyr	12,3	24,5
- Heraf opdræt	8,7	8,4
Andel af N ab dyr afsat på græs, % af N – moderdyr	14	14
– opdræt	100	100

1) Kilde: dataark fra Økologisk landsforening (Marie-Louise)

2) Kilde: Jens Chr. Skov, fodringskonsulent på Knuthenlund

3) Håndbog for driftsplanlægning, 2008 s. 17

4) DJF rapport 36, s. 81

Fodringen af moderdyr, dels i de første 24 uger af laktationen og dels på årsbasis, fremgår af tabel 3. Den sidste del af laktationen er foderniveauet hhv. 1,0 og 1,4 FE/dag for malkegeder og –får. Opdrættet antages at få modermælk de første 30 dage (53 l) og derefter frisk græs (1,2 FE/dag i gennemsnit) i hhv. 120 og 150 dage for væddere og gimmere (I gennemsnit 162 FE i frisk græs pr produceret opdræt).

**Tabel 4. Fodring af malkefår og geder, første 24 uger af laktationen <sup>1)</sup>**

	Malkegeder			Malkefår		
	Sommer, <sup>1)</sup> FE/d	Vinter, FE/d	Årsration, FE ialt	Sommer, FE/d	Vinter, FE/d	Årsration, FE ialt
Antal dage	165	200	365	165	200	365
Kl græs ens	0,28	0,54	136	0,43	0,85	183
Lucernehø	0,12	0,24	61	0,20	0,39	93
Havre	0,1	0,2	55	0,20	0,39	74
Frisk græs	0,5	0,0	74	0,80	0	127
A-bl	0,5	0,5	123	1,27	1,27	286
A-bl malkestald	0,6	0,6	101	0,60	0,6	101
I alt	2,1	2,1	550	3,5	3,5	864

## 2. Klimabelastning fra Knuthenlund

### 2.1. Klimabelastning og hotspotanalyse af basisscenarium

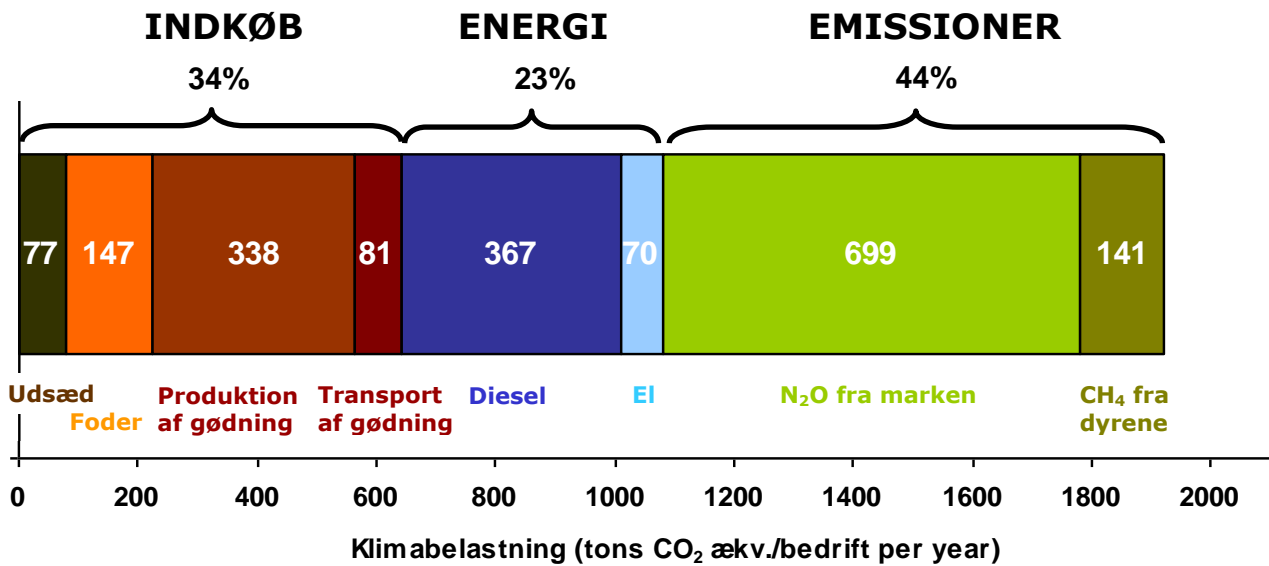
Af Tabel 5 fremgår, at det samlede klimaaftryk fra Knuthenlund som udgangspunkt er 1.919 t CO<sub>2</sub>-ækv. per bedrift per år. Omregnet til klimabelastning per ha dyrket areal giver det 2,54 t CO<sub>2</sub>-ækv. per ha per år eller 0,70 kg CO<sub>2</sub>-ækv. per FE salgsafgrøde per år (1 foderenhed, FE svarer til 0,97 kg hvede). Til sammenligning har 1 kg hvede en klimabelastning på ca. 0,6 kg CO<sub>2</sub>-ækv. (LCAfood, 2007 og Ecoinvent Centre, 2009).

**Tabel 5. Klimaaftryk for basisscenariet for den samlede bedrift Knuthenlund (kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter).**

Scenarie	Basisscenariet	Sammenlignet
	(2009 data)	med data fra Anders Lund
<b>Bedriftens samlede klimabelastning</b>	1.919.673	
Pr. ha dyrket (756,2 ha)	2539	2.651
Pr. FE salgsafgrøde	0,70 <sup>1)</sup>	1,15
Pr. FE i salgsafgrøder og FE i husdyrhold	0,57 <sup>1)</sup>	1,10

1) Ekskl. FE i solgt halm

I Figur 2 er vist en oversigt over bedriftens samlede klimabelastning. Som det ses kommer 34% af klimabelastningen fra indkøb af husdyrgødning, foder og udsæd, 23% fra energiforbruget og 44% fra emissioner fra selve afgrødeproduktionen på bedriften..



Figur 2. Hotspot analyse af klimabelastningen fra basisscenariet for Knuthenlund.

For en bedrift som Knuthenlund kommer 53% af klimabidraget fra lattergasemissioner, 39% fra CO<sub>2</sub> og 8% fra metanemissioner. I Tabel 6 er disse bidrag udspecificeret yderligere, således at man kan se bidraget fra de forskellige klimagasser for de forskellige input til bedriften.

Tabel 6. De vigtigste bidrag til klimabelastningen for basisscenariet for bedriften Knuthenlund (kg CO<sub>2</sub>-ækv. per bedrift per år). I bidraget fra de forskellige drivhusgasser angives den procentvise andel i parentes.

	Bidrag fra forskellige klimagasser; %			I alt	
	CO <sub>2</sub> (kg Co2-ækv)	N <sub>2</sub> O (kg Co2-ækv)	CH <sub>4</sub> (kg Co2-ækv)	Kg CO <sub>2</sub> -ækv.	% af total
<b>Indkøb</b>					
- Udsæd <sup>1)</sup>	27,4	68,5	3,8	77.199	4,0
- Husdyrgødning <sup>2)</sup>	32,6	67,3	0	337.944	17,6
- Foder <sup>3)</sup>				146.549	7,6
<b>Energi</b>					
- EI <sup>4)</sup>	98,6	0,02	1,4	69.915	3,6
- Diesel <sup>5)</sup>	94,7	2,9	2,7	350.370	18,3
<b>Transport</b>					
- Gødning <sup>6)</sup>	94,7	2,9	2,7	81.402 <sup>1)</sup>	4,2
<b>Maskinstation</b>					
- Udbringe gødning <sup>7)</sup>	94,7	2,9	2,7	16.974	0,8
<b>Bedriften</b>		83,3 (699.354)	16,7 (140.644)	839.999	43,7
<b>I alt</b>	34,2 (656.852)	57,2 (1.097.743)	9,0 (165.873)	<b>1.919.673</b>	<b>100</b>

1) Mængde udsæd fra Økologi Kalkuler

2) Mængden af indkøbt husdyrgødning er opgivet til 12.300 t svinegylle og 116 t dybstrøelse svin – regnes klimamæssigt som tilsvarende mængde plantetilgængeligt N fra kunstgødning, da dette forbrug antages at medføre, at der indkøbes mere kunstgødning hos en konventionel planteavler

3) Indkøbt foder er kraftfoder (regnes som det forhold mellem byg og sojaskrå der giver samme mængde protein og energi (FE), byg og sojaskrå er det marginale energi og proteinfoder på markedet

4) EI-forbruget vedr. Markdriften: 31.052 kwh (2008 tal fra Knuthenlund) (= 41 kwh/ha >> Anders Lund: 433 kwh/ha (hovedsagelig til korntørring, hvor 2007 hos AL var et vådt år), EI-forbruget i husdyrholdet: 2008 data fra Knuthenlund på 46.578 kwh ved 400 moderdyr opskaleret til 650 moderdyr i 2009.

5) Dieselforbruget er opgivet til 90.000 l diesel, hvilket svarer til 119 l per ha dyrket areal (Anders Lund 136 l/ha)

6) Indkøbte husdyrgødning er i gns transporteret 8,5 km – kommer fra 5 forskellige steder (Data fra Knuthenlund)

7) Maskinstationen foretager udbringningen af husdyrgødningen, dieselforbruget forbundet hermed er derfor ikke inkluderet i bedriftens dieselforbrug, udover det indkøbte husdyrgødning udbringes bedriftens eget husdyrgødning (710 t dybstrøelse når besætningen er oppe på fuld str. – NB opgivet til 200 t i dataark fra ØL)

## 2.2 Følsomhedsanalyse af basisscenarium

I følsomhedsanalysen vises hvor følsomme resultaterne er overfor ændringer i forhold til de værdier der er brugt i basisscenariet. I nedenstående følsomhedsanalyse vises hvor meget klimabelastningen ændrer sig, hvis der bruges værdier fra et lavere udbytt niveau end det der er brugt i basisscenariet.

I basisscenariet er udbytterne fastsat som det højeste af dels de gennemsnitlige udbytter opnået på Knuthenlund i perioden 2007 og 2009 og dels udbyttet opgivet i de økologiske afgrødekalkuler (JB 5-6). I stedet for dette, er udbytt niveauet i følsomhedsanalysen fastsat til det laveste niveau af hhv. det der er opnået på bedriften og det der fremkommer af afgrødekalkulerne (Tabel 7), hvilket betyder en reduktion på 17% i den samlede afgrødeproduktion i forhold til basisscenariet. Alt andet er uændret i forhold til basisscenariet. Da der antages samme husdyrproduktion og derfor uændret behov for hjemmeavlet foder, vil mængden af salgsafgrøder til salg reduceres fra 28.286 hkg i basisscenariet til 22.873 hkg i følsomhedsberegningen, hvilket svarer til en reduktion på 19%.

**Tabel 7. Udbytt niveau i basisscenariet og følsomhedsberegning**

	Areal	Udbytte hkg a <sup>e</sup> <sup>1</sup>	
	Ha <sup>3)</sup>	Basisscenariet	Lavt udbytte
Vinterhvede	94,4	73	54
Vårhvede	14	38	38
Havre	105	44	35
Vintertritikale	196,7	40	38
Vårbyg	139,3	46	37
Kløvergræs slæt og afgræsning	138,5	27	27
Ært	34	35	15
Byg/ært modenhed	32	41	30
<b>I alt</b>	<b>756,2</b>	<b>32.561</b>	<b>27.143 (83 %)</b>
- Heraf eget forbrug		Havre: 535	Havre: 535
- Heraf solgt		Kl.græs:3735	Kl.græs:3735
		28.286	22.873 (81 %)

I nedenstående Tabel 8 ses, at hvis udbytt niveauet reduceres 17% forbliver bedriftens samlede klimaaftryk stort set uændret, svarende til 2% højere end i basisscenariet pr. bedrift pr. år. Men ser man på klimaaftrykket pr produceret enhed er det 19-26% højere som følge af det lavere udbytt niveau og dermed færre kg produkt til at bære klimabelastningen.

**Tabel 8. Klimaaftryk for den samlede bedrift , kg CO<sub>2</sub>-ækv**

Scenarie	Basisscenarium (2009 data – højt udbytte)	Basisscenarium Med lavt udbytte
<b>Bedriftens samlede klimabelastning</b>	1.919.673	1.960.463 (102 %)
Pr. ha dyrket (756,2 ha)	2539	2593(102 %)
Pr. FE salgsafgrøde	0,70 <sup>1)</sup>	0,88 (126 %)
Pr. FE i salgsafgrøder og FE i husdyrhold	0,57 <sup>1)</sup>	0,68 (119 %)

1) Bidraget af CO<sub>2</sub>-ækv fra lattergasemissionen er øget fra 818 til 856 ton CO<sub>2</sub>-ækv:

2) Excl FE i solgt halm



Når bedriftens samlede klimaaftryk stort set er uændret skyldes det, at det lavere udbytt niveau betyder, at der fra føres mindre kvælstof med afgrøderne, hvorved bedriftens N-overskud stiger tilsvarende. Da udvaskningen beregnes som differencen mellem overskuddet og de øvrige tabsposter, hvor der også frigøres mere N fra jordpuljen stiger udvaskningen fra 43 til 66 kg N/ha (Tabel 9), og dermed også den lattergasemission der er forårsaget heraf. Dette modsvares delvist af, at lattergasemissionen fra afgrøderester bliver samtidig lidt mindre som følge af de lavere udbytter.

**Tabel 9. Bedriftens kvælstofbalance – ændringer som følge af reduceret udbytt niveau.**

<b>Bedrifts N-balance</b>	<b>Basis</b>	<b>Følsomhed</b>
<b>INPUT</b>	<b>Kg N/ha</b>	<b>Kg N/ha</b>
	<i>Pr ha dyrket</i>	<i>Pr ha dyrket</i>
<b>Input i alt (pr ha dyrket)</b>	130	130
<b>Output i alt</b>	73	59 <sup>1)</sup>
Bedriftens N-balance	57	71
<b>Fordeling af overskud</b>	<b>Kg N/ha</b>	<b>Kg N/ha</b>
<b>Ændring i Jordpulje</b> <sup>2)</sup>	-11	-19 <sup>2)</sup>
<b>Udvaskning (NO<sub>3</sub>-N)</b> <sup>3)</sup>	43	66
heraf tabt som N <sub>2</sub> O-N	0,3	0,5

a. Mindre N bortført med afgrøder, når udbyttet er mindre

b. Et lavere udbytte niveau og alt andet lige medfører at der tabes mere N fra jordpuljen

### 3. Tiltag til forbedring af klimabelastningen

På en planteavlsbedrift er der en række virkemidler, der kan tages i brug for at reducere fra klimabelastningen i den samlede bedrift og dermed også klimabelastningen for de enkelte produkter, der bliver solgt fra bedriften. Overordnet kan virkemidlerne inddeles i tre hovedemner, nemlig energi, kvælstof og kulstof – der alle på hver deres måde påvirker klimabelastningen fra en bedrift:

1. Energi – reduceret brug af fossil energi og øget energiproduktion
2. Kvælstof – mere effektiv udnyttelse og mindre tab
3. Kulstof – øget binding i jord og biomasse

De tre tiltag beskrives nærmere i de enkelte efterfølgende afsnit.

#### 3.1 Energi – reduceret brug af fossil energi og øget energiproduktion

Energiforbruget på Knuthenlund udgør, som nævnt, ca. 28% af bedriftens totale klimabelastning og går primært til diesel (trækkraft) og elektricitet (Figur 3). Klimabelastningen fra energiforbruget kan reduceres ved enten at 1) reducere energiforbruget og/eller 2) benytte vedvarende energi produceret enten på bedriften eller andetsteds.

Energiforbruget kan generelt reduceres ved at vælge afgrøder, der har et lavt energiforbrug, såsom flerårige afgrøder (hvor dieselforbruget til jordbehandling og såning reduceres), afgræssede afgrøder (hvor dieselforbruget til slæt spares), N<sub>2</sub>-fikserende afgrøder (hvor energiforbruget til gødning reduceres) eller hårdføre afgrøder (hvor markvanding kan reduceres) (Jørgensen & Dalgaard, 2004). Desuden kan forkortede transportafstande og let reduceret jordbearbejdning nedbringe energiforbruget, hvor det sidstnævnte dog er vanskeligt på økologiske jordbrug i relation til ukrudtsbekæmpelse (Jørgensen & Dalgaard, 2004).

Alternativt kan bedriften søge at blive selvforsynende med energi eller benytte vedvarende energi produceret andetsteds enten via biogasproduktion (fra bl.a. husdyrgødning og grøngødning), rapsolie, vindmøller, solceller (Jørgensen & Dalgaard, 2004) eller 2. generations ethanol. El- og biogasdrevne maskiner og traktorer er en mulighed der nærmer sig, men endnu ikke er en realitet. I forbindelse med produktion af energi på bedriften, er det vigtigt at være opmærksom på, at hvis dyrkningseggede arealer benyttes til energiproduktion og mængden af salgsafgrøder reduceres tilsvarende, så risikerer klimabelastningen at stige per kg solgte produkt. Desuden er det vigtigt at være opmærksom på at produktionen af energi ikke tærer på kulstofpuljen i jorden – hvilket reelt set frigiver CO<sub>2</sub> til atmosfæren og dermed tæller negativt i klimabelastningsregnskabet og samtidig forringer jordens frugtbarhed og produktionsevne.

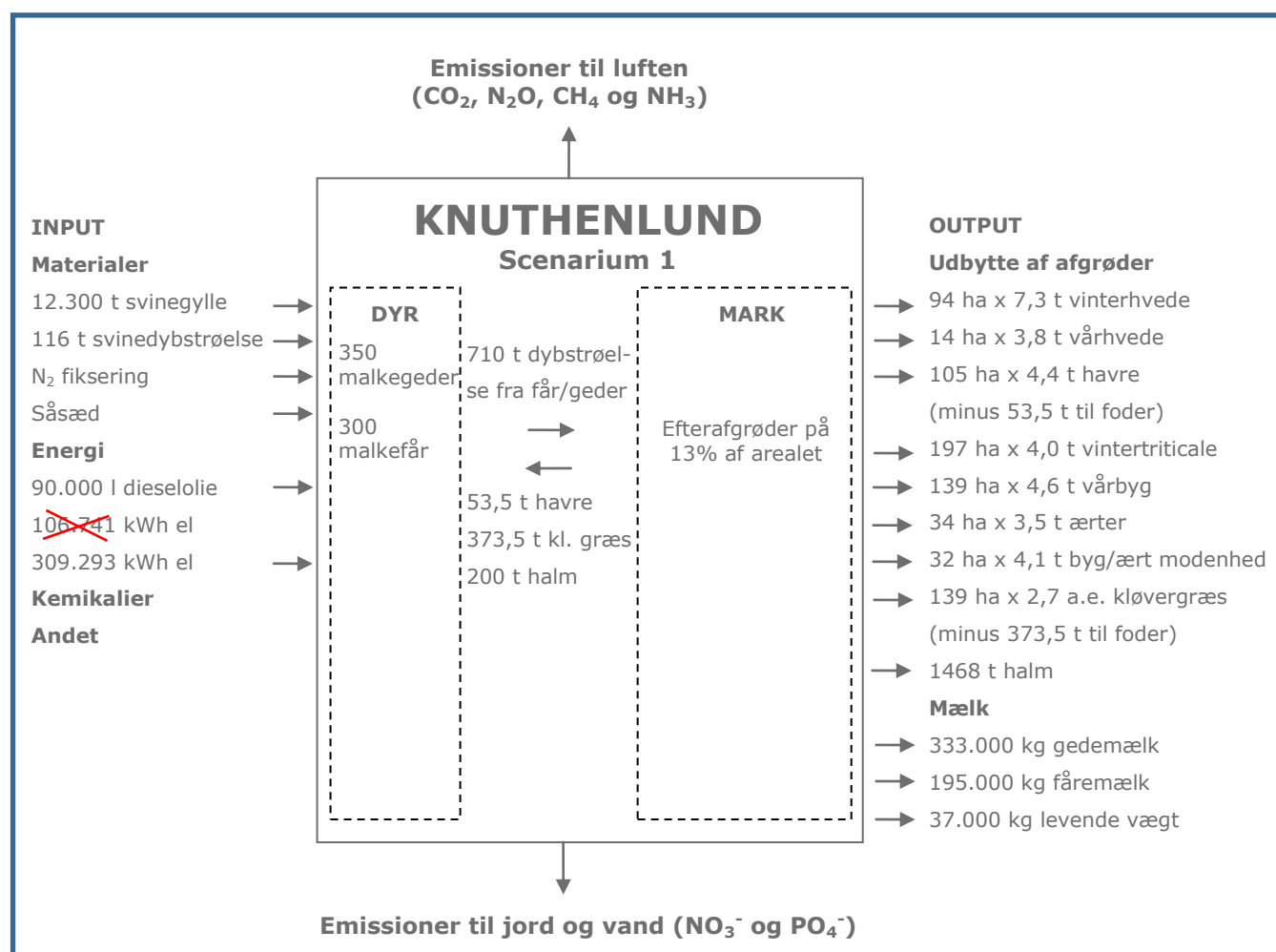
Bedriften Knuthenlund producerer energi på bedriften i det der sælges halm til et lokalt varmekværk. Ifølge den økologiske vision bør halm dog ikke indgå i produktionen af energi fra økologiske landbrug, i det en stor eksport af halm vil tære på kulstofpuljen (Økologisk Landsforening, 2009). Effekten af denne praksis er behandlet i afsnit 3.3.3 vedr. kulstofbinding som tiltag til at reducere klimabelastningen.

For at reducere energiforbruget på Knuthenlund kan det overvejes om enkelte af kløvergræsmarkerne kan blive flerårige, for at reducere dieselforbruget til jordbehandling og såning, hvilket dog vanskeliggøres af at kløvergræsmarkerne virker som 'kvælstofmotor' i sædskiftet. Det kan i den forbindelse yderligere overvejes at inddrage flere kvælstoffikserende salgsafgrøder i sædskiftet (for at

spare klimabelastningen til gødning). Med hensyn til at erstatte bedriftens energiforbrug med vedvarende energi kan det overvejes hvorvidt det kan betale sig at føre en del af husdyrgødningen igennem et biogasanlæg. Desuden kan flis, træpiller eller andet bruges til energikrævende opgaver som f.eks. korntørring. Korntørring er en af de poster der kan få energiforbruget til at stige betragteligt – og som samtidig svinger meget fra år til år, afhængig af vejrforholdene omkring høst. Risikoen for korntørring øges i afgrøder med udlæg og ukrudt og der kan derfor være større tørringsbehov på økologiske brug. I basisscenarioet på Knuthenlund har der ikke været det store behov for korntørring. For at illustrere hvor meget et vådt år med stort behov for korntørring kan rykke på klimabelastningen fra bedriften, hvis der benyttes fossil energi, er det i det følgende opstillet et alternativt scenarium 1, for et vådt år med stort behov for korntørring.

### 3.1.1 Alternativt scenarium 1 (øget energiforbrug til korntørring)

I det alternative scenarium 1 antages et meget vådt år med stort behov for korntørring. Data for et år som dette stammer fra tal fra en tilsvarende bedrift, der i et vådt år brugte 378 kWh per ha med korn. Da Knuthenlund har 618 ha med korn vil det samlede energiforbrug til marken svare til 233.604 kWh i alt i forhold til 31.052 kWh i basisscenarioet. Det samlede energiforbrug på bedriften vil således øges til 309.293 kWh, hvilket ses i Figur 3.



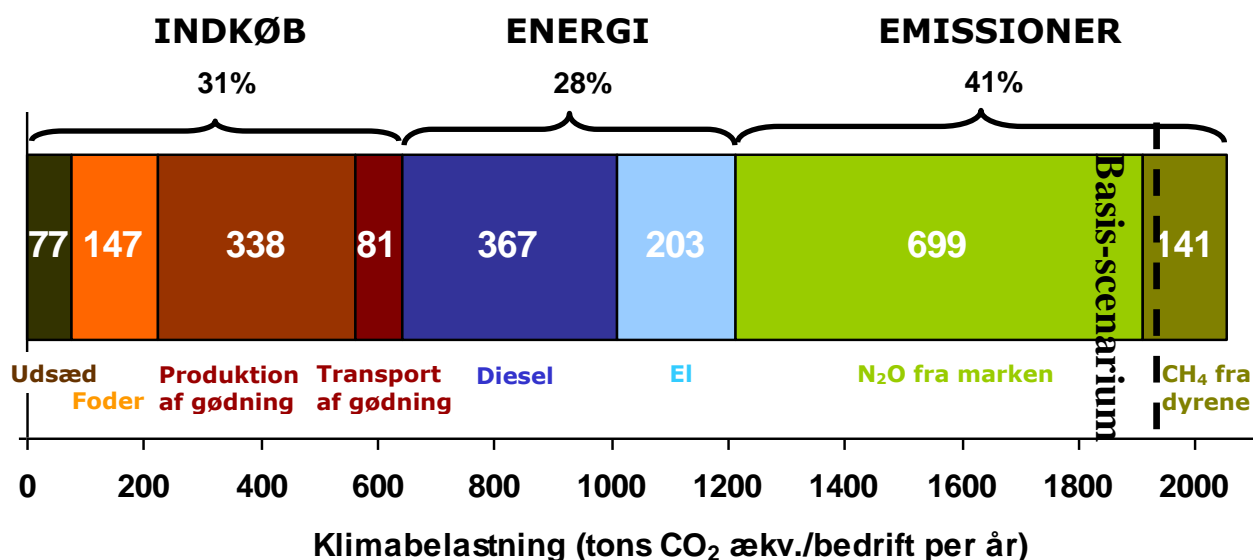
Figur 3. Illustration af input, output og emissioner der inddrages i beregningen klimabelastningen af Scenarium 1 for Knuthenlund. Skovdriften og mejeriet er ikke inddraget i beregningerne.

Som det fremgår af Tabel 10 og Figur 4 øges bedriftens samlede klimabelastning og klimabelastningen per ha og per FE salgsafgrøde med 6-7% som følge af scenarium 1.

**Tabel 10. Klimaaftryk for det alternative scenarium 1 for den samlede planteavlsbedrift (kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter).**

Scenarie	Basis (2009 sædskifte, højt udbytte)	Scenarie 1 (Øget energiforbrug til korntørring)
<b>Bedriftens samlede klimabelastning</b>	1.919.673	2.052.345 (106%)
Pr. ha dyrket (756,2 ha)	2539	2714 (106%)
Pr. FE salgsafgrøde	0,70	0,75 (107%)
Pr. FE i salgsafgrøder og foder til husdyrhold	0,57	0,61 (107%)

Det øgede energiforbrug ses i forbruget af el (Figur 4).



**Figur 4. Klimabelastning fra Scenarium 1 på Knuthenlund (øget energiforbrug til korntørring).**

### 3.2 Kvælstof – mere effektiv udnyttelse og mindre tab

Reduktion af det direkte energiforbrug på bedriften er dog ikke det eneste, der kan reducere klimabelastningen fra bedriften, da CO<sub>2</sub> ikke er den eneste gas, der bidrager til global opvarmning. Kvælstofforbruget, -omsætningen og -tabet på bedriften påvirker også i høj grad bedriftens klimabelastning, idet kvælstof kan omdannes til drivhusgassen lattergas, N<sub>2</sub>O, der er en 298 gange mere potent drivhusgas end CO<sub>2</sub>. Jo mere kvælstof der cirkulerer på bedriften og jo større tabet er, jo større er den potentielle udledning af N<sub>2</sub>O. Jo mere kvælstof der kan omdannes til udbytte, f.eks. ved hjælp af effektive efterafgrøder, jo mindre bliver klimabelastningen per kg af de solgte produkter. En mere effektiv udnyttelse af kvælstof på bedriften påvirker derfor automatisk klimabelastningen for bedriften og for de solgte afgrøder. Der er desuden som tidligere beskrevet sat en klimabelastning på produktionen af husdyrgødning, i det det har en gødningsværdi og derfor ikke bør være gratis. Ved reduktion af indkøb af husdyrgødning, reduceres denne post til produktion af husdyrgødning ligeledes. På Knuthenlund kommer 20% af klimabelastningen fra produktionen og transporten af gødning og 34% fra udledningen af N<sub>2</sub>O. Der er derfor noget at hente, hvis indkøbet af kvælstof til bedriften

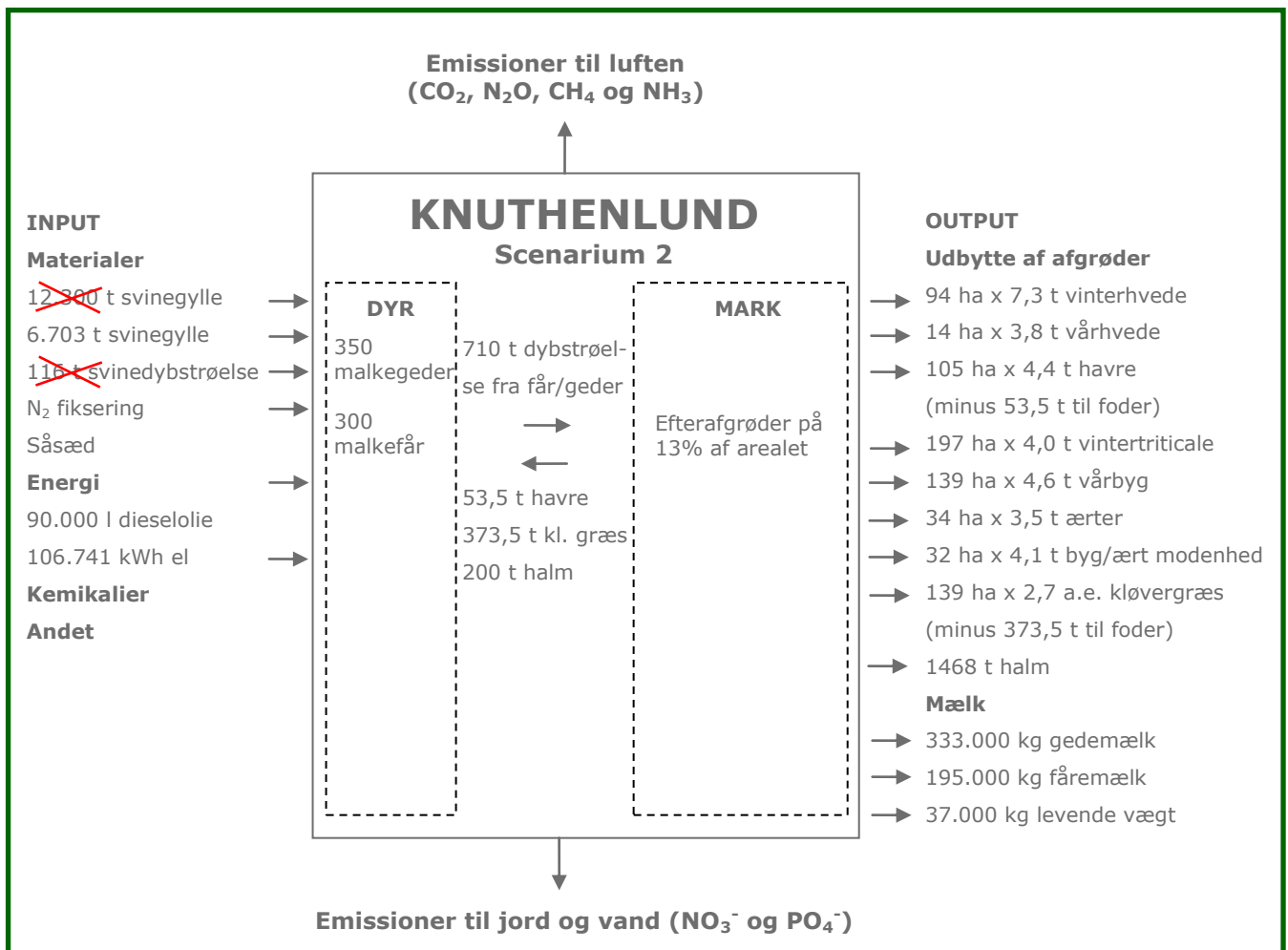
minimeres (uden at det går ud over udbytterne) og udnyttelsen og tabet af kvælstof optimeres ved hjælp af flere efterafgrøder.

På Knuthenlund er 13% af arealet dyrket med efterafgrøder, 38% af arealet er dyrket med vinteafrøder og 18% med kløvergræsudlæg og 18% med kløvergræs. Dette efterlader kun få ledige pladser til ekstra efterafgrøder (13%), der kan medvirke til en ekstra effektiv udnyttelse af kvælstoffet, hvor den størst mulige mængde kvælstof omdannes til udbytte. Disse pladser er sandsynligvis forbeholdt kvikbekæmpelse. Med kvikbekæmpelsen opstår et dilemma, idet dette skaber et "hul", hvor meget kvælstof kan tabes, hvilket bidrager til lavere udbytter og større udvaskning og dermed også højere klimabelastning. Hvis det på nogle måder er muligt at reducere denne kvikbekæmpelse ville dette kunne reducere klimabelastningen. Udskiftning af vinterafgrøder med vårafgrøder med efterafgrøder, ville ligeledes kunne reducere kvælstofudvaskningen og dermed bedriftens klimabelastning.

Hvis man ser på kvælstofbalancen for basisscenariet, er der et overskud på 57 kg kvælstof og en estimeret udvaskning på 43 kg N/ha. Hvis N-effektiviteten kunne optimeres og kvælstofindkøbet til bedriften minimeres ville klimabelastningen falde. I et alternativt scenarium 2 i det efterfølgende illustreres således effekten på klimabelastningen af at reducere kvælstofindkøbet til bedriften til et minimum.

### 3.2.1 Alternativt scenarium 2 (reduceret N-tildeling)

I scenarium 2 reduceres indkøbt mængde husdyrgødning i forhold til mængden i basisscenariet med 46%. Kløvergræs (18% af arealet) og afgrøder, der kommer lige efter kløvergræs (18% af arealet) gødes ikke og de øvrige afgrøder tildes en mindre mængde kvælstof svarende til det niveau, der er anvendt i de økologiske afgrødekalkuler (71 kg total N/ha fra 14 ton konventionel svinegylle svarende til 53 kg plantetilgængeligt N). (60% af 756 ha gødes med 53 kg plante-N pr. ha = 24.040 kg plante-N, eget dybstrøelse fra fåre/gedehold udgør 4033 kg plante-N. dvs der indkøbes 20.008 kg plante-N). Der indkøbes 26.677 kg total-N fra svinegylle.



Figur 5. Illustration af input, output og emissioner der inddrages i beregningen klimabelastningen af Scenarium 2 for Knuthenlund (reduceret N-tildeling).

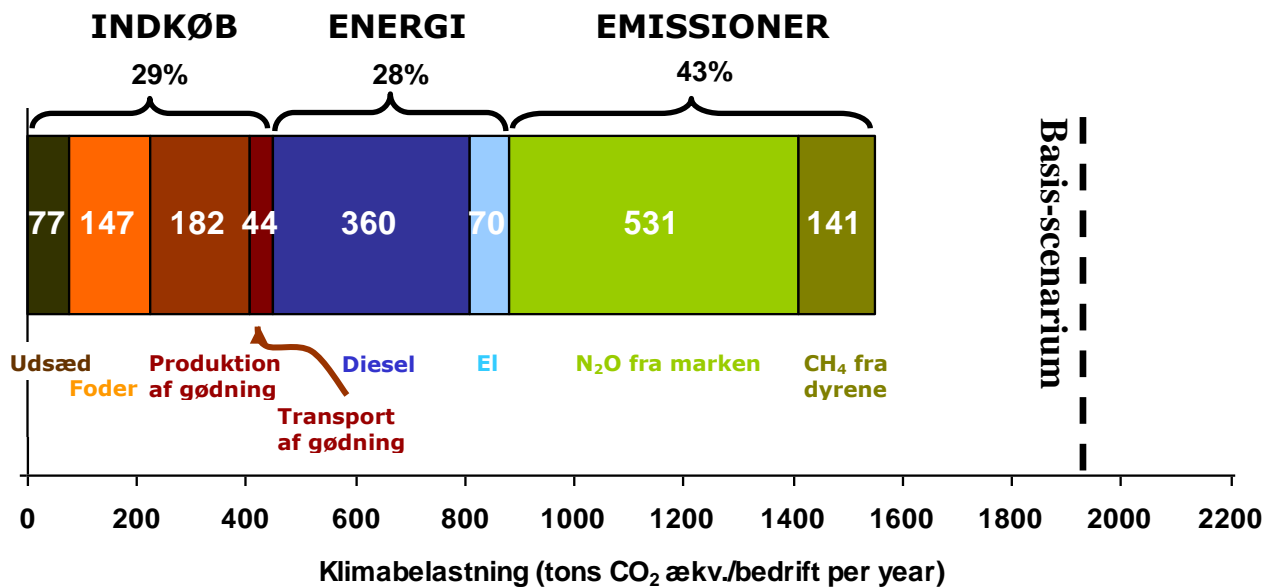
Det antages, det at være agronomisk muligt at reducere tilført gødningsmængden samtidig med, at udbyttene fastholdes, hvilket kan diskuteres i relation til det forholdvis høje udbyttene på i gennemsnit 47 hkg/ha fra kornarealerne. Til sammenligning er det gennemsnitlige økologiske udbytte hos planteavlere på lerjord hhv. 38 og 40 hkg/ha i vår- og vinterkorn (Askegaard et al., 2008).

Resultatet af Scenarium 2 for klimabelastningen for Knuthenlund Gods ses i Tabel 11 og Figur 6. Den reducerede gødningstildeling i scenarie 2 reducerer bedriftens klimabelastning med 19%. I Scenarium 1 er klimaaftrykket pr. ha kun 2052 kg CO<sub>2</sub>-ækv. eller 0,57 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. FE salgsafgrøder.

Tabel 11. Klimaaftryk for det alternative scenarium 3 for den samlede planteavlsbedrift (kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter).

Scenarie	Basis (2009 sædskifte, højt udbytte)	Scenarie 2
<b>Bedriftens samlede klimabelastning</b>	1.919.673	1.551.541 (81%)
Pr. ha dyrket (756,2 ha)	2539	2052 (81%)
Pr. FE salgsafgrøde	0,70	0,57 (81%)
Pr. FE i salgsafgrøder og foder til husdyrhold	0,57	0,46 (81%)

Den opnåede reduktion i bedriftens i klimaaftryk skyldes en betydelig reduktion i bidraget fra to vigtige poster, dels indkøbt husdyrgødning, der udgør 22% af bedriftens samlede klimaaftryk i basisscenariet og dels lattergasemissioner fra afgrødedyrkningen, der udgør 36% af bedriftens samlede klimaaftryk i basisscenariet.



Figur 6. Klimabelastning fra Scenarie 2 på Knuthenlund (reduceret N-tildeling).

Det reducerede bidrag fra indkøbt husdyrgødning skyldes, at husdyrgødning mht. klimaaftryk tillægges samme klimaaftryk som tilsvarende mængde plantetilgængeligt N fra kunstgødning. Det reducerede bidrag fra lattergasemissioner skyldes dels en direkte reduktion i lattergasemissionen som følge af den mindre mængde kvælstof udbragt, og dels en indirekte effekt som følge af mindre nitratudvaskning. I scenarium 2 reduceres bedriftens kvælstofoverskud med 57 kg N/ha, idet input i form af husdyrgødning er reduceret tilsvarende og output af N fra bedriften opretholdt. Der frigives dog mere N (og CO<sub>2</sub>) fra jorden som følge af den mindre mængde gødning tilført og ændring af gødningstype fra en blanding af gylle og dybstrøelse i basisscenariet til udelukkende at bestå af gylle i scenarium 2. Alt i alt reduceres den potentielle udvaskning dog fra 43 til 22 kg N/ha/år (Tabel 10).

Tabel 12. Bedriftens kvælstofbalance – ændringer som følge af reduceret gødningsmængde i scenarium 2.

Bedrifts N-balance	Basis		Scenarie 3	
INPUT	Kg N/ha	Kg N i alt	Kg N/ha	Kg N i alt
<b>Indkøbt husdyrgødning</b>	<i>Pr ha dyrket</i>		<i>Pr ha dyrket</i>	
Svinegylle, slagtesvin		48.940		26677
Kvæggylle, øko				
Dybstrøelse svin, øko		778		
Dybstrøelse fjerkræ, kyllinger				
<b>I alt (pr ha dyrket)</b>	66	<b>49718</b>	35	26677
<b>Input i alt (pr ha dyrket)</b>	130		100	
<b>Output i alt</b>	73		73	
Bedriftens N-balance	57		26	
<b>Fordeling af overskud</b>	<b>Kg N/ha</b>	<b>Kg N i alt</b>	<b>Kg N/ha</b>	<b>Kg N i alt</b>
Ændring i Jordpulje <sup>2)</sup>	-11		-15	
Udvaskning (NO <sub>3</sub> -N) <sup>3)</sup>	43		22	

### 3.3.3 Kulstof – øget binding i jord og biomasse

Den forøgede mængde CO<sub>2</sub> i atmosfæren kan modvirkes ved at binde noget kulstof. Dette kan gøres på bedriften, hvorved det modregnes positivt i bedriftens klimabelastning. Binding af kulstof på bedriften kan ske enten i jorden eller den overjordiske biomasse. Binding af kulstof i jord kan stimuleres primært ved nedmuldning af afgrøderester, brug af efterafgrøder og husdyrgødning (især dybstrøelse) og flerårige græsmarker (Schjønning et al., 2009).

En alternativ måde at binde kulstof på bedriften er at plante flere blivende hegn og træer, for på den måde at binde kulstof i biomasse (Gyldenkerne et al., 2005).

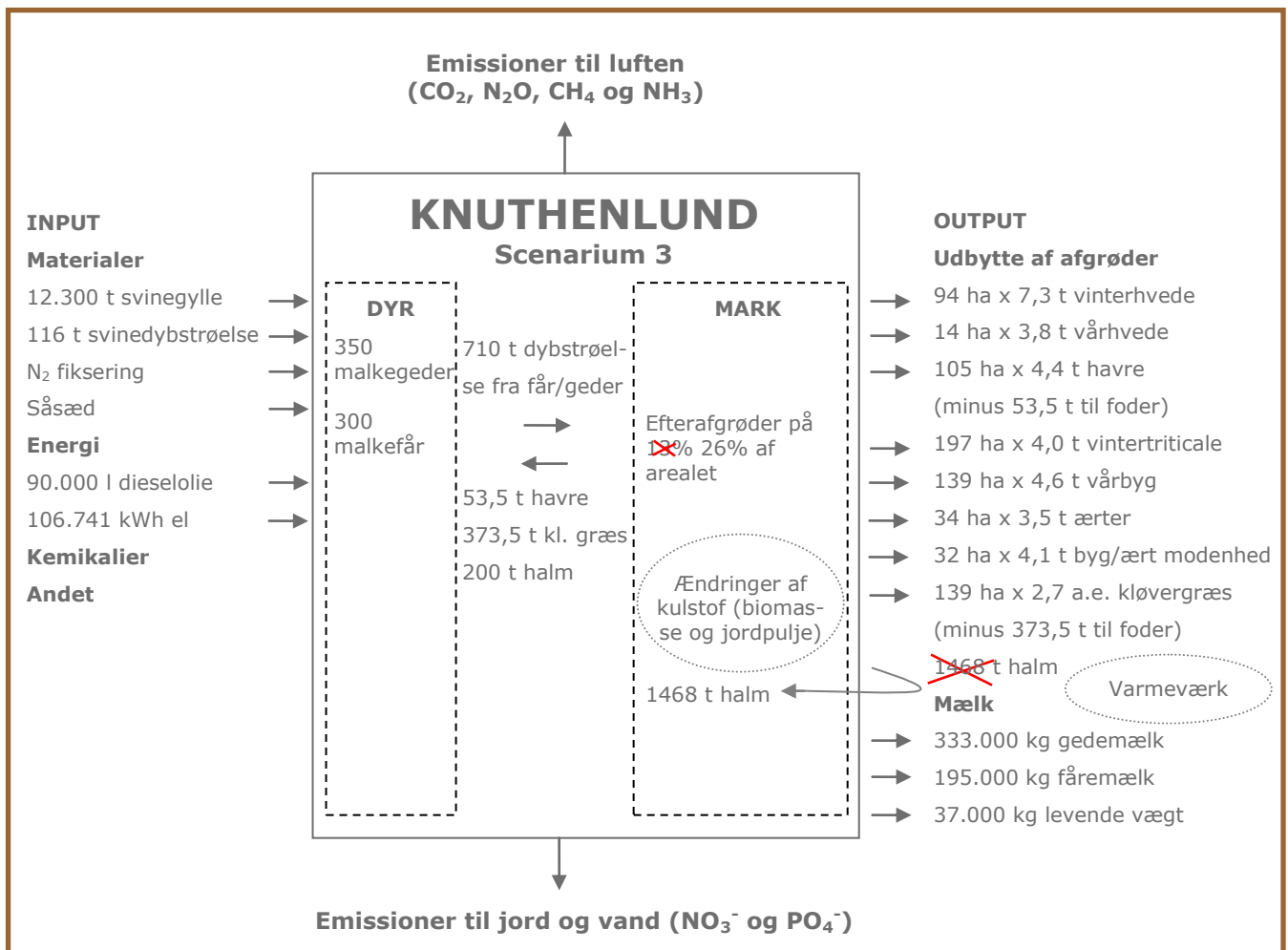
Knuthenlund har i basisscenariet en stor eksport af kulstof fra bedriften i form af halm og samtidig dyrkes relativt få efterafgrøder. Risikoen ved denne strategi er at kulstofindholdet i jorden løbende reduceres, hvilket både er negativt for klimabelastningen fra bedriften, idet der løbende sker en nettofrigivelse af CO<sub>2</sub> til atmosfæren, men det er også negativt for jordens dyrkningsmæssige egenskaber, bl.a. i form af jordens evne til at smuldre og danne et godt såbed, hvilket især er kritisk for lerjorde, som på Knuthenlund (Schjønning et al., 2009).

Øget brug af halmnedmuldning og udvidet dyrkning af efterafgrøder er to af de vigtigste virkemidler til at opretholde eller endda øge jordens kulstofindhold. Effekten af disse tiltag på bedriftens klimabelastning er vist i et scenarium 3.

#### **Scenarium 3: Øget andel efterafgrøder og nedmuldning af halm**

Som i scenarium 2, øges andelen af efterafgrøder fra de 13% af arealet i basisscenariet til 26% efterafgrøder, hvilket er det maksimale uden at ændre på sædskiftet. Samtidig nedmuldes overskydende halm (88% af det producerede).





Figur 7. Illustration af input, output og emissioner der inddrages i beregningen klimabelastningen af Scenarium 3 for Knuthenlund (halmnedmuldning og øget andel efterafgrøder). Ændringer af kulstof i jordpuljen og en alternativ fjernvarmeforsyning er inddraget som ekstra beregninger.

I Tabel 13 ses effekten af scenarium 3 (halmnedmuldning og øget andel efterafgrøder) på bedriftens samlede klimabelastning. I de generelle beregninger er ændringer i jordens kulstofpulje ikke inkluderet.

Ændringerne i jordens kulstofpulje forårsaget af halmnedmuldning og en øget andel efterafgrøder på jordens pulje af organisk stof kan ses i Tabel 14 under 'Ændring i jordpulje'. I basisscenariet sker der en netto nedbrydning af det organiske stof i jorden, som svarer til 11 kg N eller 110 kg C per ha per år, hvilket svarer til en frigivelse af 305 t CO<sub>2</sub> per ha per år. Modsat sker der i scenarium 3 en nettobinding af organisk stof i jorden der svarer til 6 kg N eller 60 kg C per ha per år, hvilket svarer til en nettobinding på 166 t CO<sub>2</sub> per ha per år. Hvis ændringerne i jordens kulstofpulje inddrages i beregningerne ses det i Tabel 13 at bedriftens samlede klimabelastning såvel som klimabelastningen per ha reduceres med 22% (2,9 til 2,3 t CO<sub>2</sub> per ha per år).

Hvis varmeværket yderligere inddrages i beregningerne og det antages at halmen der bliver leveret til varmeværket (hvilket svarer til ca. fortrænger fjernvarme (hvilket udleder 130 g CO<sub>2</sub> per kWh) kan den CO<sub>2</sub> der ellers ville være udledt fra fjernvarmen trækkes fra bedriftens samlede klimabelastning i basisscenariet. Samtidig er der selvfølgelig en CO<sub>2</sub>-emission relateret til presning og transport af halmen, der skal lægges til den samlede klimabelastning. Hvis basisscenariet på denne måde god-

skrives for den CO<sub>2</sub>-emission fra fjernvarmen, der er "sparet", pga. af halmen, bliver klimabelastningen fra basisscenarioet lavere end scenarium 3, hvor bedriften selv beholder og nedmulder halmen til gavn for jorden (Tabel 13).

**Tabel 13. Klimaaftryk for det alternative scenarium 3 i forhold til basisscenarioet for den samlede planteavlsbedrift (kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter).**

Scenarium	Basisscenarioet (2009 sædskifte, højt udbytte)	Scenarium 3 (26% efterafgrøder halmnedmuldning)
<b>Bedriftens samlede klimabelastning</b>	1.919.673	1.903.259 (99%)
<b>Bedriftens samlede klimabelastning</b> - inkl. ændringer i jordens kulstofpulje	2.224.593	1.736.939 (78%)
<b>Bedriftens samlede klimabelastning</b> - inkl. ændringer i jordens kulstofpulje og fraregnet CO <sub>2</sub> til alternativ fjernvarmeforsyning og indregnet CO <sub>2</sub> til presning og transport af halm	1.556.540	1.736.939 (112%)
<b>Pr. ha dyrket (756,2 ha)</b>	2539	2517 (99%)
Pr. ha dyrket - inkl. ændringer i jordens kulstofpulje	2942	2297 (78%)
Pr. ha dyrket - inkl. ændringer i jordens kulstofpulje og fraregnet CO <sub>2</sub> til alternativ fjernvarmeforsyning og indregnet CO <sub>2</sub> til presning og transport af halm	2058	2413 (117%)
<b>Pr. FE salgsafgrøde</b>	0,70 <sup>1)</sup>	0,69
<b>Pr. FE i salgsafgrøder og foder til husdyrhold</b>	0,57 <sup>1)</sup>	0,56

**Tabel 14. Bedriftens kvælstofbalance – ændringer som følge af reduceret gødningsmængde i scenarium 5**

Bedrifts N-balance	Basis	Scenarie 3
<b>INPUT</b>	<b>Kg N/ha</b>	<b>Kg N/ha</b>
	<i>Pr ha dyrket</i>	<i>Pr ha dyrket</i>
<b>Input i alt (pr ha dyrket)</b>	130	130
<b>Output i alt</b>	73	63
<b>Bedriftens N-balance</b>	57	67
<b>Fordeling af overskud</b>	<b>Kg N/ha</b>	<b>Kg N/ha</b>
<b>Ændring i Jordpulje</b> <sup>2)</sup>	-11	6
<b>Udvaskning (NO<sub>3</sub>-N)</b> <sup>3)</sup>	43	36

Plantning af blivende hegn er som nævnt også en strategi, der kan reducere bedriftens klimabelastning, ved at binde CO<sub>2</sub> fra atmosfæren. Hvis det antages, at der plantes et 3-rækket læhegn, der har en lineær vækst indtil det er 25 år gammelt, hvorefter hegnet holdes på det samme niveau med udtyndinger hver 10. år, vil den gennemsnitlige bundne biomasse fra hegnet er 25 år gammelt og fremefter være ca. 127 m<sup>3</sup> per ha, hvilket svarer til ca. 64 tons biomasse per ha eller 32 tons C per ha. Set i et 100-årigt perspektiv, vil der i gennemsnit bindes 0,32 ton C per ha per år eller 1,16 tons CO<sub>2</sub> per ha per år ved plantning af et læhegn. 1 ha 3-rækket læhegn svarer til 2 km hegn, da det har en bredde på 5 m. Dvs. plantning af 2 km 3-rækket læhegn vil binde ca. 1,16 tons CO<sub>2</sub> per år eller **1 km 3-rækket læhegn vil binde ca. 0,58 tons CO<sub>2</sub> per år** i et 100-årigt perspektiv. Dette tal kan multi-

pliceres med den længde (km) læhegn der kan anlægges og den samlede CO<sub>2</sub>-binding kan fratrækkes bedriftens samlede klimabelastning. Hvis den biomasse der produceres ved udtynding af hegn bruges til energiformål og dermed fortrænger noget fossilt brændstof kan dette også indregnes i beregningerne.

## 4. Konklusion

Bedriften Knuthenlund har en total klimabelastning på 1.919 tons CO<sub>2</sub>-ækvivalenter per år, hvilket svarer til 2,54 tons CO<sub>2</sub>-ækvivalenter per år og 0,70 kg per FE salgsafgrøde. 34% af klimabelastningen fra bedriften stammer fra produktion og transport af input i form af husdyrgødning, foder og udsæd, 23% stammer fra det direkte energiforbrug på bedriften til primært trækraft og el, hvorimod 44% af klimabelastningen stammer fra direkte emissioner af lattergas (N<sub>2</sub>O) og metan (CH<sub>4</sub>). En følsomhedsanalyse med lavere udbytter illustrerer, at klimabelastningen for hele bedriften ville være 2% højere, mens klimabelastningen per FE salgsafgrøder og vil blive 26% højere.

Klimabelastningen kan generelt reduceres på bedriften ved tre hovedfokusområder: 1) Energi – reduceret brug af fossil energi og øget energiproduktion, 2) Kvælstof – mere effektiv udnyttelse og mindre tab og 3) Kulstof – øget binding i jord og biomasse.

Med hensyn til energiforbruget på bedriften er fokus at reducere det nuværende forbrug (ved f.eks. at vælge et sædskifte med et lavt energiforbrug med flere kvælstoffikserende, flerårige eller afgræssede afgrøder) og/eller at benytte vedvarende energi produceret enten på bedriften eller andetsteds. Scenarium 1 illustrerer hvor stor betydning korntørring i et vådt år kan have for bedriftens klimabelastning – og peger dermed også på betydningen af energiforsyningen til sådanne anlæg.

Med hensyn til en mere effektiv udnyttelse og mindre tab af kvælstof, er effekten på klimabelastningen illustreret i et scenarium 2, hvor kvælstofindkøbet til bedriften er reduceret til et minimum. Dette tiltag reducerer klimabelastningen betragteligt på bedriften med 19%. Derudover har efterafgrøder betydning i relation til at reducere tabet af kvælstof og dermed også emissionen af lattergas.

Med hensyn til binding af kulstof eller CO<sub>2</sub> på bedriften er fokus på jord i form af bl.a. halmnedmuldning og efterafgrøder eller i biomasse i form af plantning af blivende træer og hegn. Scenarie 3 illustrerer et eksempel, hvor det nuværende sædskifte fyldes op med efterafgrøder og al halm nedmuldes. Resultatet for bedriftens klimabelastning afhænger af hvordan man sætter grænserne for systemet.

**LITTERATUR**

Askegaard, M., Thorup-Kristensen, K., Lindhard-Pedersen, H., Kristensen, I.S., Oudshoorn, F., Tersbøl, M. 2008. Muligheder og barrierer i den økologiske planteproduktion. I: Udvikling, vækst og integritet i den danske økologisektor. Vidensyntese nr. 1, ICROFS. Online at <http://ecowiki.org/OekologiskUdvikling/Hvidbog>

Ecoinvent Centre (2009) Ecoinvent Database v. 2.0. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Online på [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org).

Gyldenkerne S., Münier B., Olesen J.E., Olesen S.E., Petersen B.M. & Christensen B.T. (2005) Opgørelse af CO<sub>2</sub>-emissioner fra arealanvendelse og ændringer i arealanvendelse – LULUCF - metodebeskrivelse samt opgørelse for 1990-2003. Arbejdsrapport fra DMU nr. 213. 80 s.

Jørgensen U. & Dalgaard T. (2004) Energi i økologisk jordbrug – reduktion af fossilt energiforbrug og produktion af vedvarende energi. FØJO-rapport nr. 19. 164 s.

LCAfood (2007) Online på [www.lcafood.dk](http://www.lcafood.dk).

Schjønnig P., Heckrath G. & Christensen B.T. (2009) Threats to soil quality in Denmark – a review of existing knowledge in the context of the EU soil thematic strategy. DJF report Plant Science No 143. Faculty of Agricultural Sciences, Dept. Of Agroecology and Environment, Aarhus University. 121 s.

Økologisk Landsforening (2009) Klimastrategi for Økologisk Jordbrug – målsætninger, indsatsområder og virkemidler for bedre klimabeskyttelse med økologisk jordbrug. Online på [www.okologi.dk/klima](http://www.okologi.dk/klima).

## BILAG

Tabel B1. Bedriftens kvælstofbalance – basisscenarium

<b>Bedrifts N-balance</b>	<b>Basis 2009 data</b>	
Sædskifteareal, ha	756,2	
Dyrkede areal, ha	756,2	
<b>INPUT</b>	<b>Kg N/ha</b>	<b>Kg N i alt</b>
<b>Indkøb</b>		
Foder	7,9	5967
Halm	0	0,0
Udsæd	2,3	1706
<b>Fixering</b>	<i>Pr. ha med afgrøden</i>	
Lupin		
Ært	110	3740
Hestebønner		
Rødkløver til frø		
Kl græs slæt	150	20775
Byg/ært	39	1248
Vedv græs		
Udlæg <sup>1)</sup>	25	3781
Efterafgrøde		
<b>I alt (pr ha dyrket)</b>	<b>39</b>	<b>29.544</b>
<b>Indkøbt husdyrgødning</b>	<i>Pr ha dyrket</i>	
Svinegylle, slagtesvin	64,7	48940
Kvæggylle, øko		
Dybstrøelse kvæg, øko		
Dybstrøelse svin	1,0	778
<b>I alt (pr ha dyrket)</b>	<b>65,7</b>	<b>49718</b>
<b>Atmosf. deposition, nedbør</b>		
<b>I alt (pr ha dyrket)</b>	<b>15</b>	<b>11343</b>
<b>Input i alt (pr ha dyrket)</b>	<b>130</b>	<b>98278</b>
<b>OUTPUT</b>	<b>Kg N/ha</b>	<b>Kg N i alt</b>
<b>Salgsafgrøder</b>	<i>Pr. ha med afgrøden</i>	
Vinterhvede	111,8	
Kl. græs	99,5	
Vårhvede	58,2	
Havre	59,8	
Ært	112,2	
Byg-ært	95,2	
Vårtritikale m kl udlæg	56,0	
Vårbyg	66,2	
<b>I alt (pr ha dyrket)</b>	<b>58,0</b>	<b>44000</b>
<b>Mælk</b>		<b>2870</b>

Kød		995
Solgt husdyrgødning		
Dyr		
Halm		7426
<b>Output i alt</b>	<b>73,1</b>	<b>55291</b>
<hr/>		
Bedriftens N-balance	57	42986
<hr/>		
<b>Fordeling af overskud</b>	<b>Kg N/ha</b>	<b>Kg N i alt</b>
<b>Ammoniakfordampning</b>		<i>kg NH<sub>3</sub>-N</i>
Stald, HG	0,8	602
Lager, HG	0,6	472
Udbringning af HG	5,7	4284
Afgræsning, HG	0,7	505
Afgrøder (kunstgødning)	1,7	1301
I alt Ammoniakfordampn.	9,4	7164
<i>Heraf tabt som N<sub>2</sub>O-N</i>	<i>0,09</i>	<i>71,6</i>
<b>Amm. Fordampning</b> <i>(efter N<sub>2</sub>O-N tab)</i>	9,4	<b>7093</b>
<b>Denitrifikation <sup>1)</sup></b>	13,9	<b>10508</b>
<b>Ændring i Jordpulje <sup>2)</sup></b>	-11	<b>-8318</b>
<b>Udvaskning (NO<sub>3</sub>-N) <sup>3)</sup></b>	43	<b>32793</b>
heraf tabt som N <sub>2</sub> O-N	0,3	246

1) Der er ca. 20% af sædskiftearealet der er kløvergræs, det er antaget at 20 % er med nyt udlæg af kløvergræs

2) Beregnet vha. SimDen

3) Beregnet med B.M. Pedersens nye C-tool model (2009) tilpasset økologi (kulstofskolen)

4) Beregnet som differens, N overskud minus øvrige tabsposter

Tabel B2. Beregning af lattergasemission – Basisscenarium

Lattergas (N<sub>2</sub>O) emission:

Gødningshåndtering	kg N <sub>2</sub> O-N	Emissions faktor	N mængde, kg		Kilde faktor
<b>Afgræsning</b>					
Fra gødning afsat under afgræsning	72,2	0,01	7222	kg N i gødning afsat på græs	
<b>Stalden</b>					
Fra gødning afsat i stalden	100	0,01	10037	kg N i gødning afsat i stalden	
<b>Lager</b>					
Fra gødning overført til lager	47	0,005	9435	kg N i gødning overført til lager	
<b>Udbringning i marken</b>					
Husdyrgødning udbragt	587	0,01	58.681	kg N i gødning udbragt på marken	
<b>Afgrøderester</b>					
Fra afgrøderester	375	0,01	37494	kg N i afgrøderester	IPPC 2006
<i>Indirekte lattergas emission</i>					
<b>Fra ammoniakfordampning</b>					
	71,6	0,01	7164	kg NH <sub>3</sub> -N tabt	
<b>Fra nitratudvaskning</b>					
	246	0,0075	32793	kg NO <sub>3</sub> -N udvasket	
<hr/>					
Samlede lattergasemission	<b>1499</b>				



Tabel B3. Beregning af metan-emission –Basisscenarium

Metan (CH<sub>4</sub>) emission:

Gødningshåndtering	kg CH <sub>4</sub>	Emissions faktor Kg CH <sub>4</sub> /dyr/år	Årsdyr moderdyr	Årsdyr opdræt	Kilde faktor
Får	96	0,19	300	203	
Geder	76	0,13	350	237	IPCC 2006
<b>Enteric fermentation</b>					
	5454	5	650	440	
<b>Samlet metan (CH<sub>4</sub>) emission:</b>	<b>5696</b>				

Tabel B4. Beregning af ammoniakfordampning – Basisscenarium

Ammoniakfordampning	kg NH <sub>3</sub> -N	Emissions faktor	Mængde	Kilde
Stald, HG	602	0,062		kg NH <sub>3</sub> -N/kg HG_N afsat i stalden
Lager, HG	472	0,065		kg NH <sub>3</sub> -N/kg HG_N overført til lager
Udbringning af HG	4284	0,073		kg NH <sub>3</sub> -N/kg HG_N udbragt på marken
Afgræsning, HG	506	0,07		kg NH <sub>3</sub> -N/kg HG_N afsat på græs
Afgrøder (Kunstgødning)	1301	2 hhv 0,5		kg NH <sub>3</sub> -N/ha
	0	0,03		kg NH <sub>3</sub> -N/kg N udbragt
I alt ammoniak(NH <sub>3</sub> )-fordampning	7164			
Heraf tabt som N <sub>2</sub> O-N	72	0,01		andel af NH <sub>3</sub> -N tabt som N <sub>2</sub> O-N
<b>NH<sub>3</sub>-fordampning efter N<sub>2</sub>O-N tab</b>	<b>7092</b>			