

# Klimaaftryk beregnet for forskellige kvægbedriftstyper

1	INTRODUKTION .....	2
2	METODE .....	2
2.1	FÆLLES ANTAGELSER PÅ TVÆRS AF SCENARIER:.....	2
2.2	FODERPLANER .....	3
	BESKRIVELSE AF FODERPLANER MED HØJT DYRETRYK:.....	3
	BESKRIVELSE AF FODERPLANER MED LAVT DYRETRYK: .....	3
2.3	UDBYTTER .....	4
2.4	MARKPLAN .....	4
2.5	GØDNINGSPLAN .....	6
2.6	MODELLERING AF KULSTOFLAGRING .....	6
2.7	BEREGNING AF KLIMAAFTRYK .....	9
3	RESULTATER OG DISKUSSION .....	10
3.1	HØJT DYRETRYK.....	10
3.2	LAVT DYRETRYK.....	13

## 1 INTRODUKTION

Dyrkning af flerårige afgrøder som f.eks. græs omtales ofte som et værktøj til at reducere klimaaftrykket – ikke mindst i grovfodersædkifter. Nærværende rapport har til formål at undersøge, hvordan ændringer i foderration og dermed markplan påvirkede klimaaftrykket i forskellige scenarier når bestemte parametre blev ændret. Parametrene, der indgår i scenarierne, er således; dyretryk (højt eller lavt) græsandel og afgræsning samt kvælstofintensitet.

Tabel 1. Oversigt over scenarier.

	Scenarie	Bemærkning
Højt dyretryk - 0,87 årskøer/ha 210 kg N/ha	1/3 græs, Nudrift, 12000kg EKM	Repræsenterer typisk undtagelsesbrug uden afgræsning
	1/3 græs, Afgræsning, 12000kg EKM	Repræsenterer et undtagelsesbrug, men hvor køerne afgræsser.
	100% græs, Afgræsning, 11700kg EKM	Repræsenterer en kvægbedrift, hvor alt grovfoder udgøres af græs og køerne er ude på afgræsning
Lavt dyretryk – 0,57 årskøer/ha 105 kg N/ha	2/3 græs, Nudrift, 11000kg EKM	Repræsenterer en typisk økologisk mælkeproduktion med højere græsandel, afgræsning og overskydende areal bruges primært til korndyrkning
	2/3 græs, Afgræsning + bælg-sæd, 11000kg EKM	Som ovenfor, men en del af arealet anvendes til produktion af bælgplanter
	100% græs, Afgræsning, 6000kg EKM	Repræsenterer et low-input system som f.eks. græsmælk, hvor alt foder til malkekøer er græsbaseret og ingen tilskudsfoder af korn, majs eller soja og en lavere mælkeydelse.

Scenarierne med højt dyretryk afspejler, hvad man ofte ser i konventionel mælkeproduktion, og dyrene i nudriftscenariet afgræsser ikke. I de andre scenarier introduceres afgræsning, og i det tredje og sidste scenarie består grovfoderet udelukkende af græs eller græsensilage.

Scenarierne med lavt dyreaftryk afspejler, hvad man ofte ser i økologisk mælkeproduktion, og derfor indgår der 60% grovfoder og dyrene afgræsses om sommeren. De to scenarier med lavt dyretryk undersøger hhv. effekten af at indføre hestebønner eller udelukkende at fodre med græs og græsensilage.

## 2 METODE

### 2.1 Fælles antagelser på tværs af scenarier:

Det er i scenarierne valgt, at der kun fodres med én type korn, hvilket giver den simplest mulige ration og markplan. Dette er gjort for at synliggøre effekterne af ændringer i rationen, hvor der er fokus på f.eks.

andelen af græs og inklusionen af bælglplanter. I praksis vil foderplanen i mange besætninger bestå af flere fodermidler -eksempelvis vil del af en kornet, der fodres med, vil være en blanding af korn typer. I foderplanerne med højt dyretryk, se Tabel XX, er der ca. 50% grovfoder i rationen, mens der i foderrationerne med lavt dyretryk er tilstræbt en grovfoderandel på 60%. I scenarierne med højt dyretryk antages en ydelse på 12.000 kg EKM, mens der i de to første scenarier med lavt dyretryk antages 11.000 kg EKM og i det sidste scenarie med lavt dyretryk og udelukkende fodring med græs og græsensilage, antages 6.000 kg EKM. Desuden antages der en fordeling mellem 1. kalvs køer og øvrige køer på 40% vs. 60% og 180 dage på græs (og 185 dage på stald) for afgræsningsscenarioer. Det antages, at antallet af malkende dage per årsko er 330 og at de resterende er dage, hvor koen er gold.

## 2.2 Foderplaner

### Beskrivelse af foderplaner med højt dyretryk:

Nudrift:

I scenariet for nudrift for en bedrift med højt dyretryk antages det at 1/3 af grovfoderet til de malkende køer er græs, og at dyrene ikke græsser. Foderplanen er dermed den samme året rundt for alle dyregrupper.

Nudrift + afgræsning:

I scenariet med afgræsning for en bedrift med højt dyretryk antages der ligesom ovenover at 1/3 af grovfoderet er græs, men i sommerperioden antages det, at en del af græsoptaget er frisk græs idet det antages at dyrene græsser i 8 timer dagligt. Det antages desuden at det udelukkende er de malkende køer der afgræsser. I vinterperioden er foderplanen den samme som i nudriften, idet der er antaget samme mængde græs af grovfoder.

100% græs af grovfoder:

I scenariet med 100% græs af grovfoder for en bedrift med højt dyretryk antages det at al grovfoderet er græs, og at en del af dette optages som frisk græs på afgræsning i sommerperioden.

100% af grovfoderet er græs; enten frisk eller ensilage. Det antages at dyrere afgræsser 8 timer dagligt i sommerperioden, mens græsset om vinteren kommer fra græsensilage som eneste grovfoderkilde.

### Beskrivelse af foderplaner med lavt dyretryk:

Nudrift:

I scenariet for nudrift med lavt dyretryk antages det at 2/3 af grovfoderet er græs, og at dyrene afgræsser 8 timer i sommerperioden. Om vinteren erstattes græsset fra afgræsning med græsensilage.

Nudrift + hestebønner:

I dette scenarie er udgangspunktet som i nudriften, med 2/3 græs i grovfoderet og afgræsning om sommeren samt græsensilage om vinteren. I dette scenarie erstatter hestebønner en del af kraftfoderet, primært raps- og kornprodukter.

100% græs:

I dette scenarie er 100% af rationen græs, på nær en antagelse om, at der fodres mineraler. Om sommeren antages 24 timers afgræsning, mens der om vinteren kun fodres græsensilage.

## 2.3 Udbytter

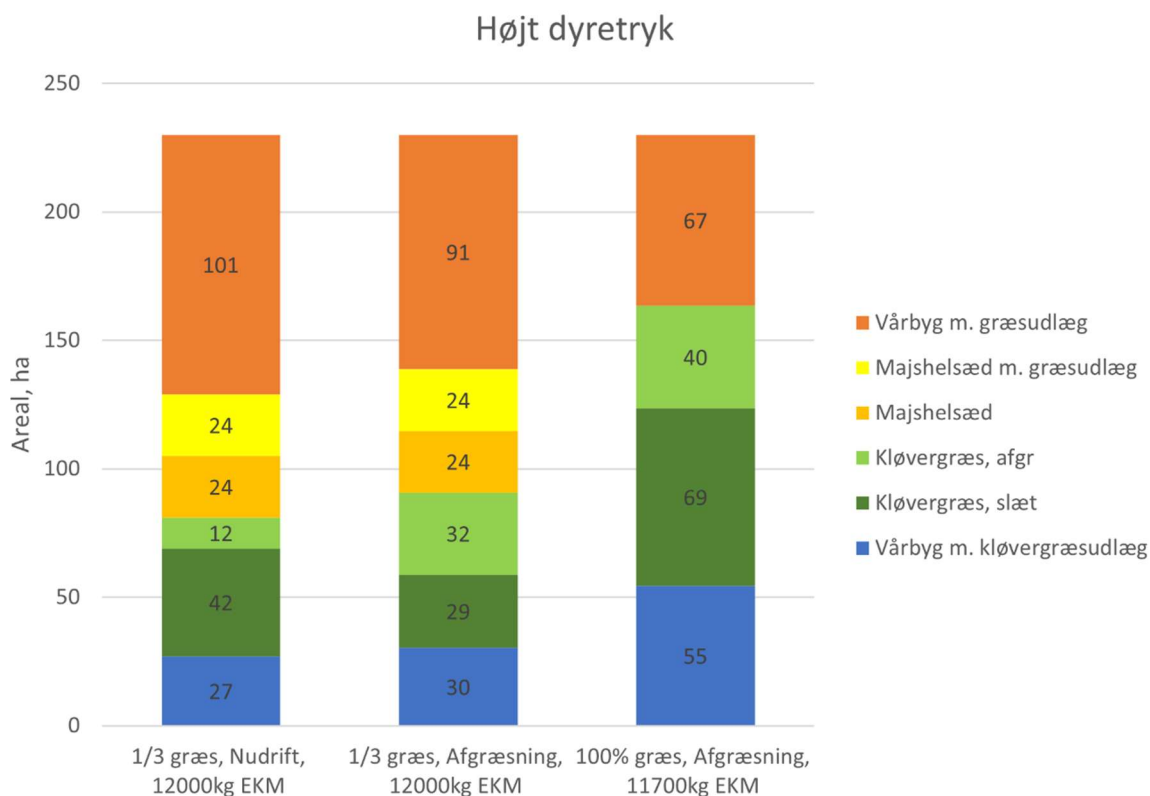
I Tabel 2 nedenfor ses de anvendte udbytter. For kløvergræs er angivet udbyttet 1. år. For scenarierne med højt dyretryk er anvendt et fald i udbyttet på 10 % 2. år, mens der for scenarierne med lavt dyretryk er anvendt en stigning i udbyttet på 10 % 2. år og et fald i udbyttet på 10 % 3. år – udbyttet 1. og 3. år er således identisk. Forskellen skyldes udbytteudviklingen i hhv. konventionelle og økologiske kløvergræsmarker

Tabel 2. Oversigt over anvendte udbytter.

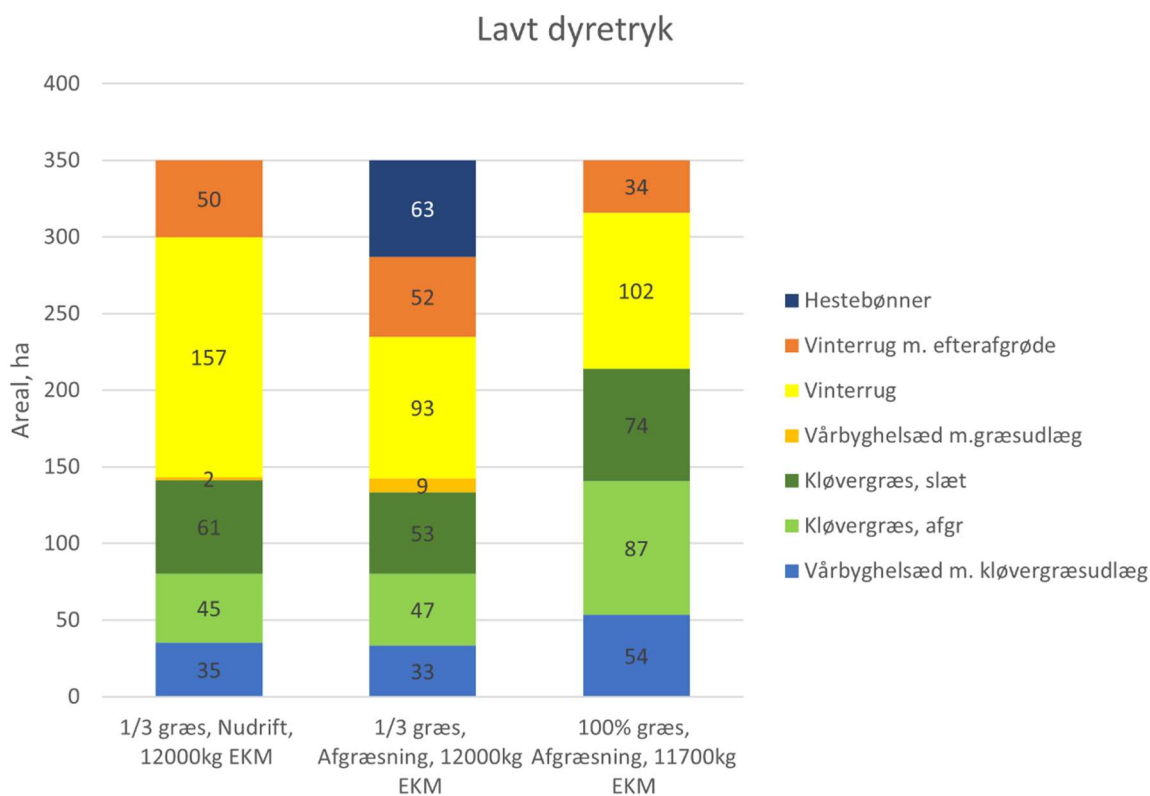
Afgrøde	Højt dyretryk		Lavt dyretryk	
	Udbytte hkg el. FEN/ha	Halm kg/ha	Udbytte hkg el. FEN/ha	Halm kg/ha
Vårbyg m. kløvergræsudlæg	58	3200	40	1900
Kløvergræs	9500		7800	
Kløvergræs, afgr	9010		6630	
Majshelsæd m. græsudlæg	11200			
Vårbyg m. græsudlæg	58	3200	40	1900
Vinterrug			51	3800
Hestebønner			37	2400
Vårbyghelsæd m. græsudlæg			6800	
Vårbyghelsæd m. kløvergræsudlæg			6800	

## 2.4 Markplan

Efterafgrødegrundareal: 100% i højt dyretryk, 25 % i lavt dyretryk



Figur 1. Markplan. Arealfordeling pr. afgrøde i scenarier med højt dyretryk.



Figur 2. Markplan. Arealfordeling pr. afgrøde i scenarier med lavt dyretryk.

## 2.5 Gødningsplan

Højt dyretryk:

Gødet til norm med forfrugtsværdi fratrukket N-norm for den udløsende afgrøde.

Afgræsningsareal gødet op til N-norm med handelsgødning.

Husdyrgødning er prioriteret til majshelsæd, som får dækket 83% af N-norm med gylle. Resterende husdyrgødning lige fordelt mellem øvrige afgrøder ift. andel af N-norm.

Lavt dyretryk:

Afgræsningsareal kun gødet med husdyrgødning afsat af græssende dyr.

Kløvergræs tildelt 80% af N-tildelingen til de øvrige afgrøder.

## 2.6 Modellering af kulstoflagring

Til modellering af udviklingen i jordens kulstofindhold er anvendt modellen C-TOOL, som er udviklet ved Aarhus Universitet (Taghizadeh-Toosi et al. 2014). C-TOOL anvendes til modellering af jordens kulstofindhold i forbindelse med de nationale opgørelser af danske klimagasudledninger (Nielsen, O.-K., Scientific Report No. 541, DCE 2023). En kort beskrivelse af modellen kan findes [her](#).

Tilførslen af kulstof fra afgrøderester er her i undersøgelsen beregnet ud fra udbytterne angivet i Tabel 2 nedenfor ved de allometriske funktioner i C-TOOL. Kulstoftilførslen fra udlæg og efterafgrøder er beregnet ud fra følgende antagelser om udbytte/tørstofproduktioner:

1. Kløvergræsudlæg i vårbyg både højt og lavt dyretryk: 1700 FE/ha
2. Græs/kløvergræsudlæg i vårbyghelsæd: 1800 FE/ha
3. Efterafgrøde i vinterrug: 0,9 ton tørstof/ha
4. Efterafgrøde i majshelsæd: 0,4 ton tørstof/ha

I C-TOOL modellen beregnes kulstof-tilførsel fra kløvergræs, hvor der tages slæt. Til beregning af kulstof-tilførsel fra kløvergræs, der afgræsses, bruges er i denne undersøgelse samme fremgangsmåde som i DCA-rapporten 'Bæredygtighedsparametre for konventionelle fodermidler til kvæg' (Mogensen et al. 2018). Her antages at tørstofproduktionen er den samme ved slæt og afgræsning, men det lavere nettoudbytte ved afgræsning skyldes en større tilførsel af overjordisk plantemateriale til jorden. Den underjordiske planterest er antaget ens for slæt og afgræsning.

Tilførslen af kulstof fra udbragt husdyrgødning er beregnet ud fra dyrenes udskillelse af organisk stof, tab af organisk stof i stald og lager og udbragte mængder husdyrgødning N. Kulstoftilførsel fra gødning afsat under afgræsning er beregnet ud fra dyrenes udskillelse af organisk stof og tilbragt tid med afgræsning. Endelig er der beregnet en kulstoftilførsel fra kviernes forbrug af strøelse.

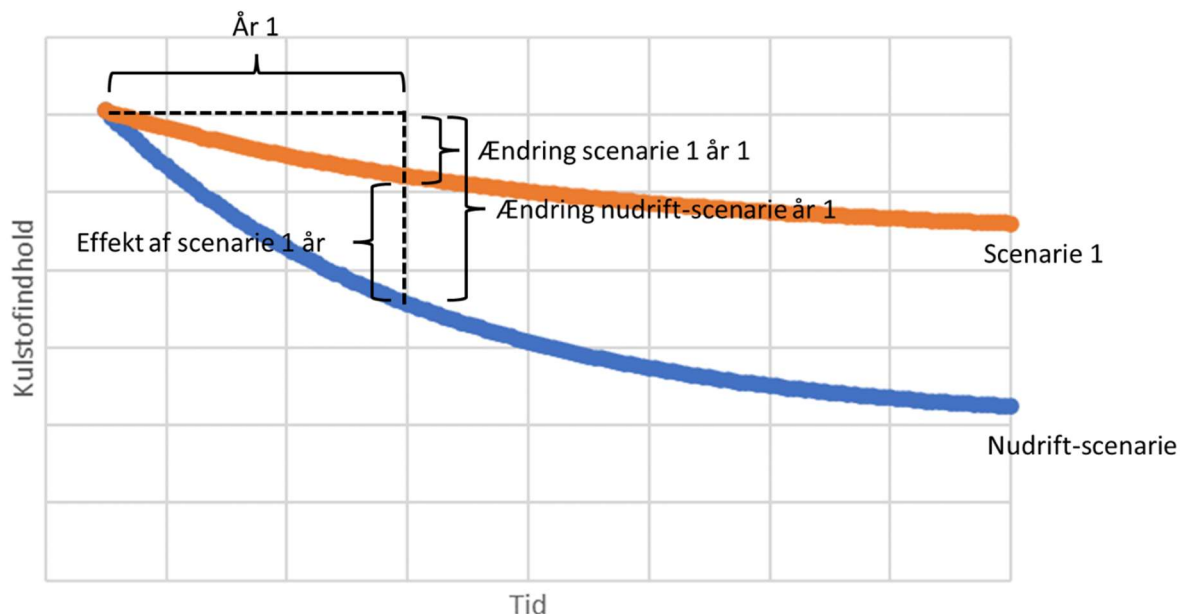
For alle scenarier er der beregnet et areal-vægtet gennemsnitligt årligt input af kulstof, som ses i Tabel 3 nedenfor.

Tabel 3. Gennemsnitlige kulstofinput pr. scenarie anvendt i C-TOOL modelleringer.

	Scenarie	Gennemsnitligt input, ton C/ha x år
Højt dyretryk	1/3 græs, Nudrift, 12000kg EKM	5,5
Højt dyretryk	1/3 græs, Afgræsning, 12000kg EKM	5,6
Højt dyretryk	100% græs, Afgræsning, 11700kg EKM	6,5
Lavt dyretryk	2/3 græs, Nudrift, 11000kg EKM	5,3
Lavt dyretryk	2/3 græs, Afgræsning + bælg-sæd, 11000kg EKM	5,1
Lavt dyretryk	100% græs, Afgræsning, 6000kg EKM	5,6

Der er for alle scenarier regnet med et ler-indhold i over- og underjord på 2,6 %. I modellen beregnes en større tilførsel af kulstof til de stabile puljer i jorden ved stigende ler-indhold, hvilket vil resultere i et højere kulstofindhold ved balance mellem kulstof-input og tab. Da scenarierne her i undersøgelsen sammenlignes indbyrdes, har dette dog ingen indflydelse på resultaterne.

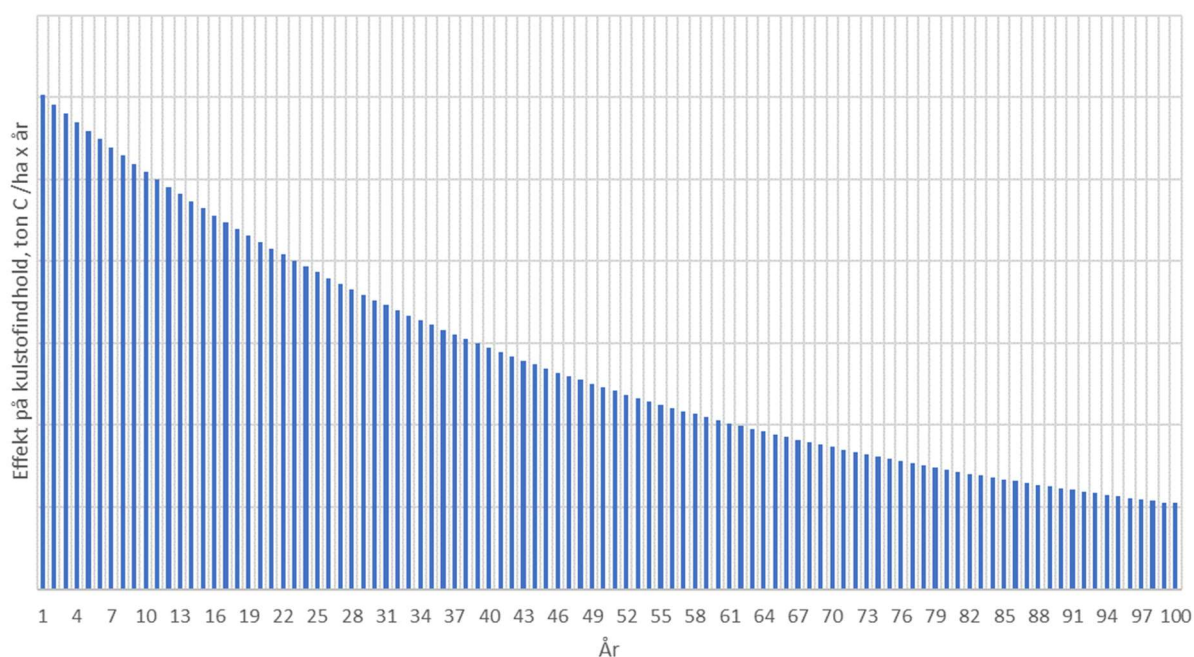
Alle modelleringer er foretaget med samme udgangspunkt af kulstof i jorden. Effekten på jordens kulstofindhold i de to alternative scenarier til nudrift-scenariet for højt- og lavt dyretryk er beregnet ud fra forskellen i årlig ændring mellem alternative scenarier og nudrift-scenariet. Dette er søgt illustreret i eksempel i Figur 3 nedenfor.



Figur 3. Illustrering af beregning af effekt af scenarier relativt til nudrift-scenarie på jordens kulstofindhold.

Det ses, at der i 'Nudrift-scenariet' i eksemplet i Figur 3 beregnes et fald i jordens kulstofindhold. Det ses også, at der i 'Scenarie 1' også sker et fald, men at dette er mindre end i nudrift-scenariet. Det betyder, at ved det valgte startindhold og ved kulstoftilførslen i begge scenarier beregner modellen, at der tabes kulstof fra jorden. Hvorvidt der beregnes et tab eller en opbygning af kulstof i jorden ved en given kulstoftilførsel er en funktion af det valgte startindhold. Når effekten af de alternative scenarier beregnes i forhold til nudrift-scenariet, som beskrevet ovenfor, antages det, at nudrift scenariet er i balance – dvs. effekten på jordens kulstofpulje i nudrift-scenariet er 0.

Beregnes effekten af et alternativt scenarie ift. et nudrift-scenarie på den beskrevne måde for hvert år over en 100 års periode vil resultatet se ud, som illustreret i Figur 4 nedenfor:



Figur 4. Illustrering af udvikling i årlig effekt på jordens kulstofindhold af scenarier relativt til nudrift-scenarie.

Det ses, at effekten er størst i år 1, hvorefter den aftager gradvist, efterhånden som kulstofindholdet i jorden i det undersøgte alternative scenarie til nudrift-scenariet nærmer sig en ny ligevægt. Det er her i undersøgelsen valgt at anvende et gennemsnit af de første 10 års effekt af de alternative scenarier relativt til de to nudrift-scenarier.

I eksemplet i Figur 3 vil effekten på kulstofindholdet i jorden af 'Scenarie 1' være positiv, idet der i modelleringen beregnes et mindre tab end i 'Nudrift-scenariet'. Hvis antagelsen om, at jordens kulstofindhold i 'Nudrift-scenariet' er i balance, er korrekt, lagres der ved omlægning fra 'Nudrift-scenarie' til 'Scenarie 1' altså kulstof.



I beregningen af samlede klimaaftryk for jordpuljændring på scenarie-bedrifterne her i undersøgelsen er det valgt at medregne hele arealet, selvom en del af arealet ikke har været anvendt til produktion af kvægfoder på bedrifterne. Begrundelsen for dette er, at hele bedriftens sædskifte er en funktion af ændringerne foretaget ift. grovfoderet. Øvrige klimagas-emissioner fra dyrkning af den del af arealet, som ikke producerer kvægfoder til bedriften, er ikke medregnet i det øvrige klimaaftryk.

## 2.7 Beregning af klimaaftryk

Øvrige emissionsberegninger fra afgrødedyrkning:

Alle beregninger af udledninger af klimagasser fra marken er foretaget efter gældende retningslinjer beskrevet af IPCC. Der er benyttet tier 1 eller tier 2 metode alt efter tilgængelighed af data.

Kilde: Publications - IPCC-TFI (iges.or.jp): 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use

Hjælpestoffer: Kalk, pesticider, K, P, udsæd, N-produktion

Energi: Diesel, tørring, vanding

Klimagasemissionerne præsenteres i følgende kategorier (indeholdende emissioner fra):

- **Enterisk metan**
- **Andre fodermidler** (klimaaftryk på produktion af foder ikke produceret på bedriften: rapskagefoder, rapsskråfoder, roepiller, fodersalt, kridt, Type1)
- **N<sub>2</sub>O stald, lager og afgræsning**
  - (Lattergas produceret fra gylle i henholdsvis stald og lager)
  - (Lattergas produceret fra husdyrgødning afsat under afgræsning)
  - (Lattergas produceret fra N fordampet som NH<sub>3</sub> fra gylle i henholdsvis stald, lager, afsat under underafgræsning og under gylleudbringning)
- **N<sub>2</sub>O gødningsanvendelse**
  - (Lattergas produceret fra gylle og handelsgødning udbragt i marken)
- **N<sub>2</sub>O afgrøderest**
  - (Lattergas produceret fra afgrøderester i marken)
- **Metan gylle og afsat gødning v. afgræsning**
  - (Metan produceret fra gylle i henholdsvis stald, lager og gødning afsat under afgræsning)
- **Hjælpestoffer inkl. udsæd**
  - (Produktion af handelsgødning-N)
  - (Produktion af kalk, K-gødning, P-gødning, pesticider og udsæd)
- **Energi, mark og afgrøder**
  - (Forbrug af diesel)

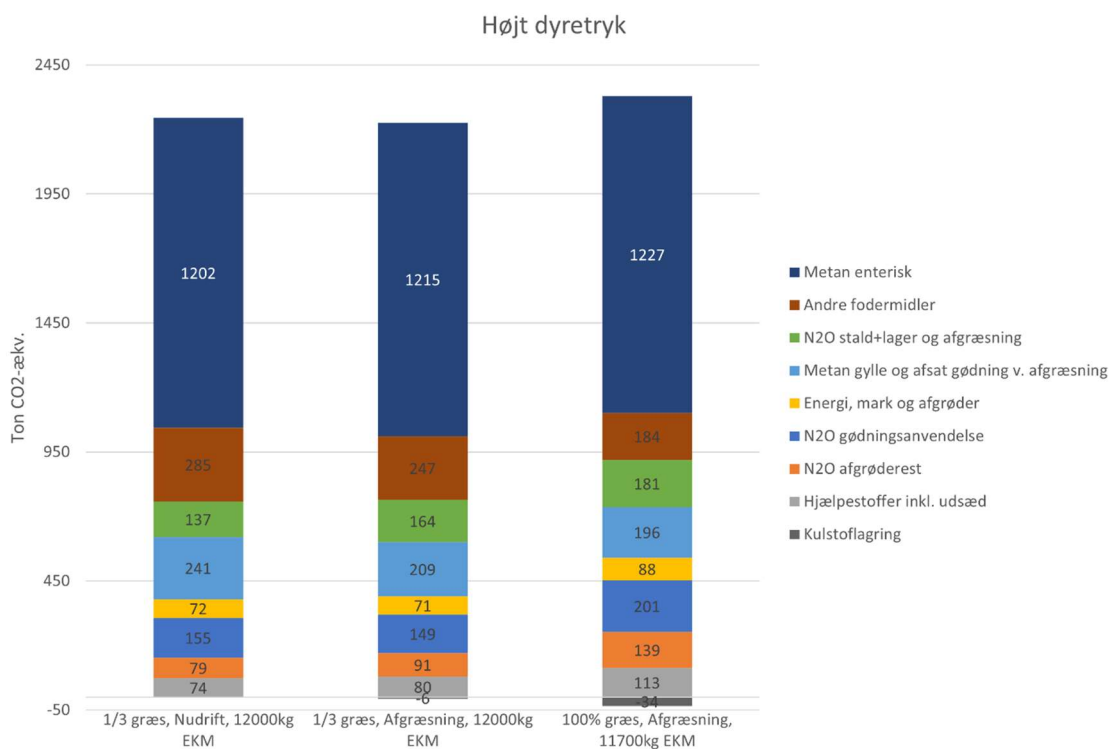
(Energiforbrug ifb. vanding og tørring)

- **Kulstoflagring**

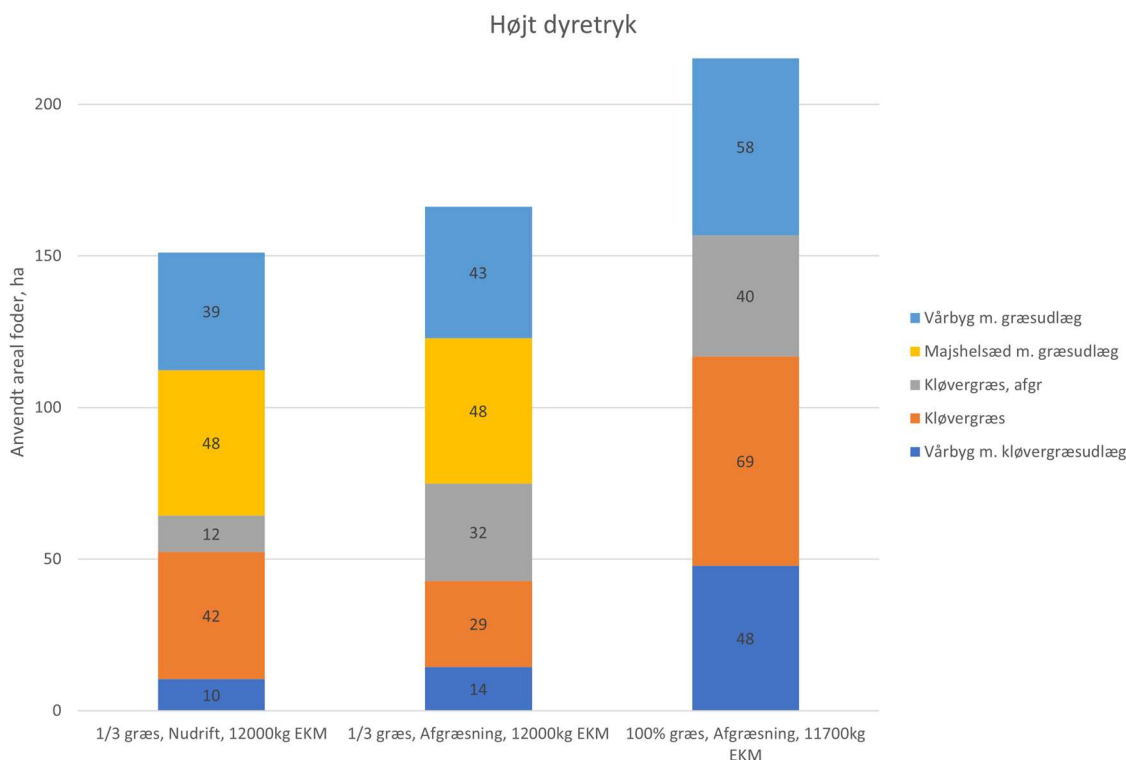
(Ændring i jordpulje af kulstof relativt til nudrift-scenarie)

### 3 RESULTATER OG DISKUSSION

#### 3.1 Højt dyretryk.



Figur 5. Beregnet klimagasemission pr. emissionspost pr. scenarie i scenarier ved højt dyretryk.



Figur 6. Areal anvendt til foderproduktion pr. afgrøde pr scenario i scenarier ved højt dyretryk.

### Arealforbrug

Arealforbruget til foderproduktionen stiger ift. nudrift-scenariet i scenarierne med afgræsning pga. de lavere udbytter ved afgræsning, samt erstatningen af majs-helsæd med kløvergræs, som producerer færre foderenheder pr. ha. Det er klart, at størrelsen af arealet, hvorfra klimaaftrykket summeres, vil have en markant betydning for det samlede aftryk for mælkeproduktionen i scenarierne.

### Kulstoflagring

Begge scenarierne med afgræsning har en højere kulstoftilførsel end nudrift-scenariet, hvilket resulterer i en beregnet kulstoflagring i scenariet med 1/3 græs og afgræsning og med 100 % græs på samlet henholdsvis 6 og 34 ton CO<sub>2</sub>-ækv. ift. nudrift-scenariet. Den højere kulstoftilførsel i scenarierne med afgræsning, skyldes en større overjordisk afgrøderest i markerne med afgræsning. Det er værd at bemærke, at selv ved en markant højere kulstoftilførsel i scenariet med 100% afgræsning sammenlignet med nudrift-scenariet, er den samlede kulstoflagring for bedriften, som vil falde år for år, relativt beskeden ift. de øvrige poster i klimaaftrykket. Det skal også bemærkes, at der er antaget, at nudrift-scenariets kulstofindhold i jorden har nået balance-niveauet. I en situation hvor en bedrift har eller overtager jord, som har et indhold markant under balanceniveau, vil der i en årrække være langt større kulstoflagring – dog altid aftagende mod nul med tiden.

### Gødningsanvendelse

Bidraget fra gødningstilførsel med gylle eller handelsgødning er en smule lavere i scenariet med 1/3 græs og afgræsning og markant højere i scenariet med 100% afgræsning sammenlignet med nudrift-scenariet. Førstnævnte skyldes, at der bringes mindre gylle ud pga. dyrenes afsætning under afgræsning, og sidst nævnte skyldes en markant højere gødningsnorm pga. de større græsarealer ved 100% afgræsning. Opgødsning til norm med handelsgødning på større arealer giver det ekstra bidrag i dette scenarie.

#### Afgrøderest

Lattergasemissionen fra afgrøderester er en funktion af mængden af afgrøderest og N-indholdet i resterne, og, som for kulstoftilførslen, stiger denne med afgræsning og større græsareal, da græs er den afgrøde, som regnes for at give langt den største tilførsel til jorden. Det er værd at bemærke, at som der regnes i denne opgørelse, overstiger mer-emissionen fra afgrøderester, i de to scenarier med afgræsning, klart den kulstoflagringseffekt, som den større afgrøderesttilførsel beregnes at have.

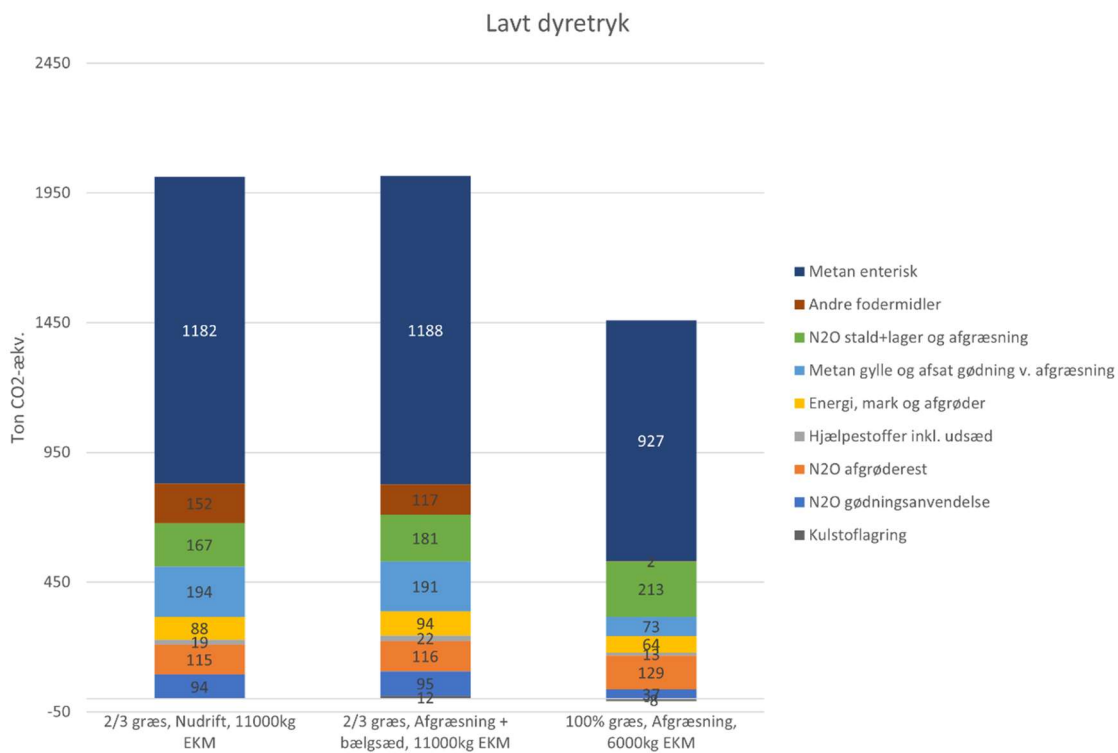
#### Hjælpestoffer incl. udsæd

Et større K, P og handelsgødning-N (CO<sub>2</sub>-bidrag fra N-produktion) forbrug på større græsarealer bevirker en stigning i klimaaftrykket fra hjælpestoffer i scenarierne med afgræsning, sammenlignet med nudrift-scenariet.

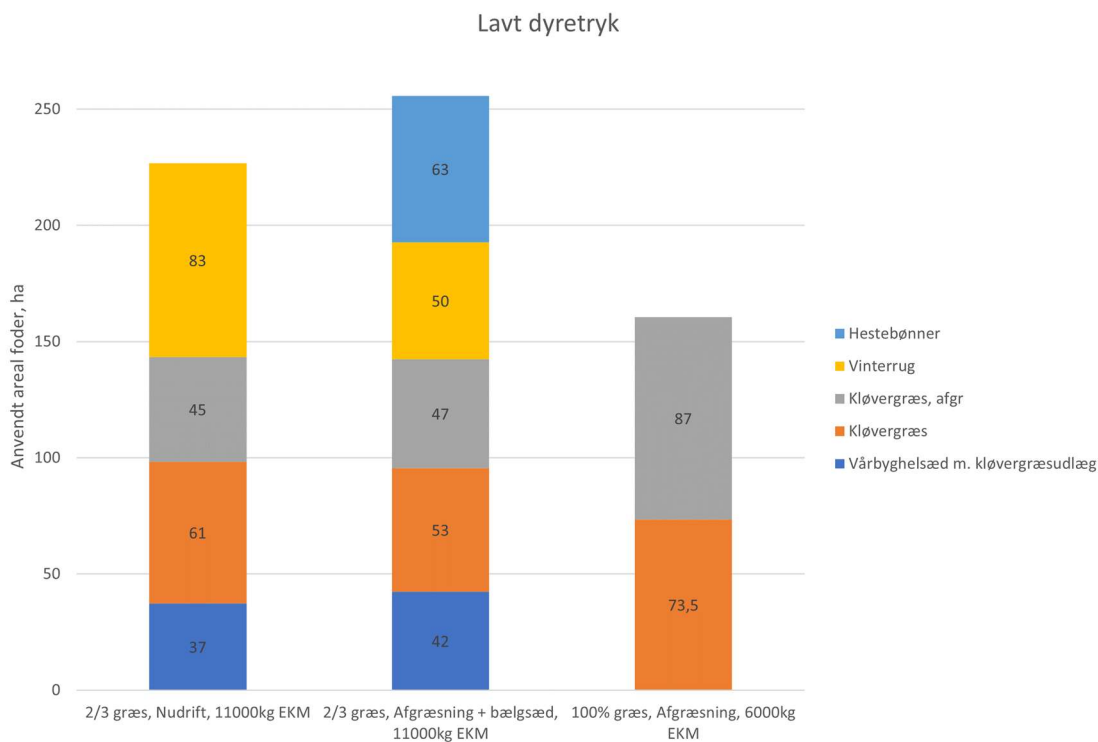
#### Energi

Energiforbruget i dyrkning af kløvergræs er højere end i eks. majshelsæd, hvilket er den primære årsag til den højere beregnede emission fra energiforbrug i scenariet med 100 % afgræsning. Det højere energiforbrug skyldes markant flere markhandlinger forbundet med græs sammenlignet med øvrige afgrøder.

### 3.2 Lavt dyretryk.



Figur 7. Beregnet klimagasemission pr. emissionspost pr. scenarie i scenarier ved lavt dyretryk.



Figur 8. Areal anvendt til foderproduktion pr. afgrøde pr scenarie i scenarier ved lavt dyretryk.

### Arealforbrug

Arealforbruget til foderproduktionen stiger ift. nudrift-scenariet i scenariet med afgræsning+bælgsæd, da hestebønnerne erstatter proteinfoders, som ellers ville være indkøb udefra. Ved 100% afgræsning er arealforbruget til foderproduktion mindre end de to øvrige scenarier ved lavt dyretryk og på niveau med nudrift og 2/3 græs + afgræsning scenarierne ved højt dyretryk, men mælkeproduktionen er her også kun halvdele af de øvrige scenarier.

### Kulstoflagring

Scenariet med afgræsning+bælgsæd har en lavere kulstoftilførsel end nudrift-scenariet, hvilket resulterer i en beregnet negativ kulstoflagring (tab fra jordpuljen) på 12 ton CO<sub>2</sub>-ækv. ift. nudrift-scenariet. Den lavere kulstoftilførsel i scenariet med afgræsning+bælgsæd, skyldes en mindre afgrøderest i hestebønnerne sammenlignet med vinterrug, som bønnerne bl.a. erstattede. Scenariet med 100% afgræsning har pga. det større areal med græs en større kulstoftilførsel end nudrift-scenariet, hvilket resulterer i en beregnet lagring på 8 ton CO<sub>2</sub>-ækv. ift. nudrift. Det er også her værd at bemærke, at emissionerne forbundet med kulstoflagring i eller tab fra jordpuljen er ubetydelige ift. de samlede emissioner.

### Gødningsanvendelse

Bidraget fra gødningstilførsel med gylle er identisk i nudrift- og afgræsning+bælgsæd scenariet, mens det i 100% afgræsning er markant mindre, hvilket afspejler N-udskillelsen er i de tre scenarier, samt at en markant større andel af N afsættes under afgræsning i scenariet 100 % afgræsning.

### Afgrøderest

Lattergasemissionen fra afgrøderester er størst i scenariet med 100% afgræsning til trods for det markant lavere foderproducerende areal i dette scenarie, hvilket skyldes de store græsareal.

### Andre fodermidler

Produktionen af bælgsæd i scenariet afgræsning+bælgsæd nedsætter bidraget fra andre fodermidler markant ift. nudriftscenariet, men bidraget er stort set fraværende i scenariet med 100% afgræsning.

### Energi

Energiforbruget i kløvergræs er højere end i eks. majs, hvilket er den primære årsag til den højere beregnede emission fra energiforbrug i scenariet med 100 % afgræsning. Det højere energiforbrug skyldes markant flere markhandlinger forbundet med græs sammenlignet med øvrige afgrøder.