



# KLIMAPÅVIRKNING VED DYRKNING AF KORN I DANMARK



1	INDLEDNING .....	3
2	AREALDATA .....	4
3	UDLEDNING AF LATTEGAS FRA DYRKNING AF FORSKELLIGE KORNTARTER .....	5
3.1	FORUDSÆTNINGER.....	5
3.2	KLIMAPROFIL FOR VINTERHVEDE, VÅRBYG OG VINTERBYG .....	6
4	VALG AF VIRKEMIDLER .....	9
5	SCENARIER .....	11
5.1	NORMREDUKTION.....	11
	FORUDSÆTNINGER .....	11
	UDBYTTE RESPONSFUNKTION.....	12
	UDBYTTER I KORN VED 5, 10 OG 15 PCT. NORMREDUKTION.....	13
5.2	UDTAGNING AF ORGANOGEN JORD .....	15
	FORUDSÆTNINGER .....	16
	UDTAGET AREAL .....	16
5.3	UDTAGNING AF MINEROGEN JORD .....	19
	FORUDSÆTNINGER .....	19
6	ALLOKERINGSPRINCIPPER I OPGØRELSEN AF DRIVHUSGASEMISSIONEN FRA KORNDYRKNING .....	20
6.1	GØDNING .....	20
6.2	BIDRAG FRA ANVENDELSE AF KERNE OG HALM .....	20
7	EMISSION AF DRIVHUSGASSER FRA FORBRUG AF HJÆLPESTOFFER.....	21
7.1	FORBRUG AF UDSÆD.....	21
7.2	FORBRUG AF KVÆLSTOFGØDNING .....	21
7.3	FORBRUG AF FOSFOR- OG KALIUMGØDNING.....	24
7.4	FORBRUG AF PESTICIDER.....	27
7.5	FORBRUG AF KALK.....	27
7.6	FORBRUG AF BRÆNDSTOF TIL MARKARBEJDE.....	27
7.7	FORBRUG AF VAND TIL MARKVANDING .....	29
8	DYRKNING PÅ ORGANOGEN JORD.....	32
9	EMISSION AF LATTEGAS VED DYRKNING AF KORN .....	33
9.1	DIREKTE EMISSIONER AF LATTEGAS FRA FORBRUG AF KVÆLSTOFGØDNING .....	33
9.2	EMISSION AF LATTEGAS FRA AFGRØDERESTER .....	33
9.3	EMISSION AF LATTEGAS FRA AMMONIAKFORDAMPNING .....	35
9.4	EMISSION AF LATTEGAS FRA TAB AF KVÆLSTOF VED NITRATUDVASKNING .....	36

<b>10</b>	<b>SAMLET EMISSION AF DRIVHUSGASSER VED DYRKNING AF KORN .....</b>	<b>39</b>
<b>11</b>	<b>LITTERATURLISTE.....</b>	<b>43</b>

## 1 INDLEDNING

Som en del af projektet "Optimering af klimaindsatsen i markbruget" skal der gennemføres en analyse af de nationale og globale effekter af udvalgte virkemidler i markbruget. Der fokuseres på tre virkemidler nemlig: Sænkning af kvælstofnormerne, udtagning af organogen jord, og udtagning af mineraljord. Disse virkemidler vil alle reducere klimagasudledningen i Danmark, men vil også medføre en større klimagasudledningen i udlandet. Det skyldes, at alle virkemidlerne resulterer i en mindre dansk planteproduktion, og at en del af denne produktion vil blive forskudt til udlandet. Det er derfor interessant at analysere, hvad den globale nettoeffekt på klimagasudledningen vil være, hvis man implementerer disse virkemidler i Danmark. En sådan analyse vil bidrage til det faglige grundlag, der skal sikre, at der ikke implementeres klimavirkemidler i markbruget, der kun har lokal effekt på det danske klimaregnskab, men har negativ eller begrænset effekt på den globale emission af klimagasser.

Kvantitativt er lattergasemission fra dyrkningsfladen og klimagasemission ved produktion af kvælstofgødning, de største kilder til udledning af klimagasser fra planteproduktionen. Lattergas udvikles som et biprodukt fra mikrobielle omdannelser af kvælstof i jorden som f.eks. denitrifikation og nitrifikation, og disse processer styres blandt mange andre faktorer af mængden af kvælstof der skal omdannes, og dermed af mængden af tilført kvælstofgødning. Derfor beregnes klimagasemissionen fra markbruget som 1 pct. af den tilførte mængde kvælstof i henhold til IPCC's guidelines for opgørelse af nationale klimagasregnskaber (IPCC, 2006).

For at kunne vurdere klimabelastningen både på nationalt og globalt niveau er det nødvendigt at opgøre klimagasudledningen ud fra en livscyklusanalyse (LCA) betragtning. Det skyldes at en LCA tager alle udledninger fra dyrkningen med i klimaregnskabet for afgrøden, og det er nødvendigt for at inddrage klimaefektiviteten i forskellige lande på retvisende måde.

I denne rapport er klimagasudledningen for dansk korn opgjort både på arealbasis og på udbyttebasis (produceret enhed).

## 2 AREALDATA

Opgørelsen af arealdata om dyrkningen af korn i Danmark er baseret på data fra det Generelle Landbrugsregister (GLR data). Der er anvendt data for samtlige marker med kornafgrøder i høståret 2016. Det er opgjort hvordan korndyrkningen er fordelt på jordbundstyper. Kornarter med et areal under 50.000 ha er slået sammen i kategorien "Andre kornarter".

Tabel 2-1 Areal med kornafgrøder fordelt på jordbundstyper, antal ha i for høståret 2016 (GLR data).

KORNART	JB 1	JB 2	JB 3	JB 4	JB 5	JB 6	JB 7	JB 8	JB 11	I ALT
Vårbyg	136.192	51.758	37.764	138.263	13.304	148.313	47.183	4.798	19.518	597.093
Vinterhvede (ekskl. brødhvede)	32.472	33.344	19.706	138.654	19.226	208.277	62.514	4.213	10.119	528.525
Vinterbyg	16.438	8.728	7.287	33.534	3.752	33.371	5.968	156	835	110.069
Vinterhybridrug	30.758	14.060	7.038	19.616	877	4.358	532	96	1.397	78.731
Vårhavre	12.280	7.719	3.670	13.346	1.304	8.164	2.280	769	3.506	53.039
Andre kornarter	14.998	7.672	4.981	19.830	2.643	27.727	8.864	798	4.139	91.651
	243.138	123.281	80.445	363.243	41.106	430.211	127.341	10.829	39.514	1.459.108

Tabel 2-2 Areal med kornafgrøder fordelt på jordbundstyper i pct. af det samlede areal med korn (ud fra tabel 2).

REGION	JB 1	JB 2	JB 3	JB 4	JB 5	JB 6	JB 7	JB 8	JB 11	I ALT
Vårbyg	9	4	3	9	1	10	3	0	1	41
Vinterhvede	2	2	1	10	1	14	4	0	1	36
Vinterbyg	1	1	0	2	0	2	0	0	0	8
Vinterhybridrug	2	1	0	1	0	0	0	0	0	5
Vårhavre	1	1	0	1	0	1	0	0	0	4
Andre kornarter	1	1	0	1	0	2	1	0	0	6

Det totale areal med korn er i 2016 1.459.000 ha. Vårbyg og vinterhvede til foder er langt de mest udbredte kornarter, og udgør i 2016 henholdsvis 41 og 36 pct. af kornarealet. Samlet udgør vinterhvede til foder og vårbyg derfor ca. 77 pct. af kornarealet. Vinterbyg udgør 8 pct. af kornarealet, og vårbyg, vinterhvede til foder og vinterbyg udgør tilsammen 85 pct. af kornarealet.

### 3 UDLEDNING AF LATTERGAS FRA DYRKNING AF FORSKELLIGE KORNTARTER

I alle de scenarier der beskrives i kapitel 5 reduceres det samlede danske kornudbytte, enten fordi jord tages ud af produktion eller fordi der gødes mindre. Ved beregning af de globale klimaeffekter lægges det i alle scenarierne til grund, at nedgangen i dansk kornproduktion medfører en merproduktion i udlandet, fordi der kommer mindre korn på verdensmarkedet. Det er fælles for de tre scenarier, at hele nedgangen beregnes om en nedgang i foderhvede på verdensmarkedet. Det vil sige, at hele nedgangen i kornproduktionen opfattes som en reduktion af mængden af vinterhvede til eksport. I praksis vil alle scenarierne dog påvirke produktionen af alle kornarterne og ikke kun vinterhvede. Hvis klimaprofilen for dyrkning af de forskellige kornarter er meget forskelligt imellem, vil det derfor være nødvendigt at beregne klimaprofilen og den globale effekt af reduceret kornproduktion i Danmark individuelt for hver kornart. Hvis klimaprofilen derimod er relativt ens, vil det være rimeligt at antage at klimaeffekten er den samme, ligegyldigt hvilken kornart man reducerer produktionen med.

For nærværende analyse vil det være en betydelig simplificering, hvis man kan antage, at alle kornarter har samme klimaprofil. Det vil medføre, at det ikke vil være nødvendigt at udforme et sæt antagelser om, hvor meget produktionen af hver enkelt kornart vil blive reduceret. Derfor er der her udarbejdet en analyse af, om den udbyttespecifikke klimaprofil kan antages at være ens for de tre mest udbredte kornarter, vinterhvede, vårbyg og vinterbyg.

Forbruget af kvælstofgødning er den dominerende post i klimaprofilen for dyrkning af alle kornarterne. Det skyldes både at den direkte udledning af latter gas fra marken beregnes som 1 pct. af den tilførte kvælstof (IPCC, 2006) og at der knytter sig en stor klimagasudledning til selve produktionen af kvælstofgødningen. Desuden er der en mindre indirekte effekt af kvælstofgødningsforbruget, idet stofomdannelser af det kvælstof der udvaskes eller fordampes ved udbringning også medfører en lattergas produktion. Andre bidrag til klimagasudledningen fra korndyrkning er brændstof til markarbejdet, produktion af andre hjælpepestoffer som f.eks. fosfor og kali gødning, pesticider og kalk, ligesom der er en udledning der knytter sig til mineraliseringen af afgrøderester som rødder, stub og nedmuldet halm. Disse poster er dog væsentligt mindre end den udledning, der kan knyttes direkte til produktion og anvendelse af kvælstofgødning, og for mange af posterne vedkommende er de ikke forskellige kornarterne imellem (Se kapitel 0). Forskellene imellem dyrkningsfaktorer for de enkelte kornarter, som f.eks. omfanget af kørsel i marken ved dyrkning af vinterhvede og vårbyg, er små i forhold til forskellene i udbytter og kvælstoftilførsel. Der vil således være tale om små justeringer af mindre poster, og disse justeringer overskygges helt af den usikkerhed, som udledningen fra kvælstofanvendelsen er bestemt med. I nedenstående analyse af den udbyttespecifikke klimaprofil for de tre væsentligste kornarter, er der derfor kun taget hensyn til forskellen i kvælstoftilførsel og udbyttet mellem de enkelte kornarter.

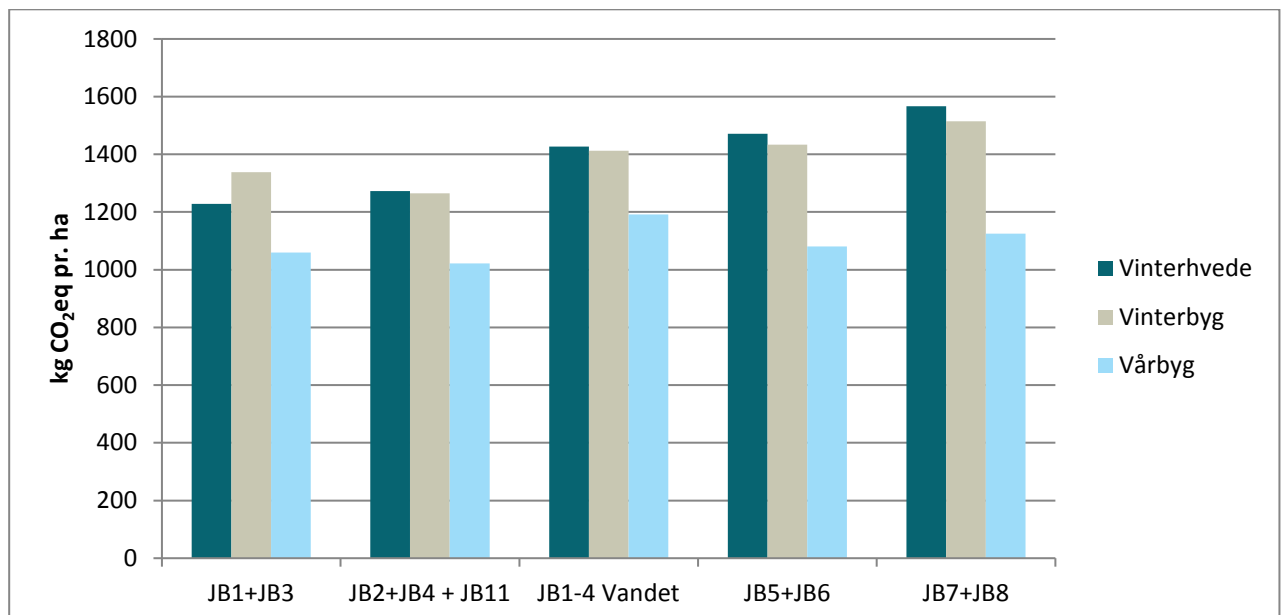
#### 3.1 Forudsætninger

I beregningen af klimaprofilerne for hver kornart er der alene taget højde for klimagasudledningen ved anvendelse af kvælstofgødning (produktion og direkte emission af lattergas). Desuden er der regnet med at det ikke har betydning, om der anvendes handelsgødning eller husdyrgødning til gødsning af afgrøderne. Forskellen i klimaprofil mellem handels- og husdyrgødning tilskrives således husdyrproduktionen. Dette er en rimelig antagelse, idet det i husdyrproduktionen holdes konstant i alle de opstillede scenarier, og i overensstemmelse med de allokeringssprincipper der anvendes i resten af analysen (se kapitel 6). Den direkte lattergasudledning fra marken er regnet efter Tier 1 metoden, hvor standard emissionsfaktoren er 0,01 kg

$N_2O$ -N/kg N (IPCC, 2006). Klimagas emissionen ved produktionen af kvælstofgødning er sat til samme faktor som i Elsgaard (2015), nemlig 3,1 kg  $CO_2e$  pr. kg N. Emissioner forbundet med transport af kvælstofgødning til Danmark er også beregnet som i Elsgaard (2015). Der er regnet med 1.000 km transport til søs á 8,99 g  $CO_2e$ /ton/km og 350 km transport på landevej á 227 g  $CO_2e$ /ton/km. Desuden er der regnet med en omregningsfaktor mellem lattergas af  $CO_2$  ækvivalenter 265 kg  $CO_2e$  pr. kg  $N_2O$  (IPCC, 2014). Kvælstoftildelingen antages at være som i kvælstofnormerne, og udbytter sættes til normsystemets normudbytter (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2016).

### 3.2 Klimaprofil for vinterhvede, vårbyg og vinterbyg

I Figur 3-1 ses en sammenligning af klimaprofilen for de tre mest betydende kornarter, vinterhvede, vårbyg og vinterbyg opgjort på arealbasis og fordelt på jordtype. Det fremgår at klimagasudledningen på arealbasis er næsten ens for vinterhvede og vinterbyg, om end der er en tendens til relativt højere udledninger fra vinterbyg på de lettere jorder. Udledningen fra vårbyg er lavere end fra vinterhvede og vinterbyg. Alle forskelle skyldes forskellene i kvælstofnormer og udbytter mellem kornarter og jordtyper.



Figur 3-1. Udledning af  $CO_2$ -ækvivalenter fra dyrkning af vinterhvede, vinterbyg og vårbyg opgjort på arealbasis. I beregningen er der alene taget højde for udledningen i forbindelse med produktion og transport af kvælstofgødningen og den direkte lattergasudledning fra anvendelse af kvælstofgødning i marken. Derfor dækker den beregnede klimagasudledning ikke hele udledningen ved korndyrkning.

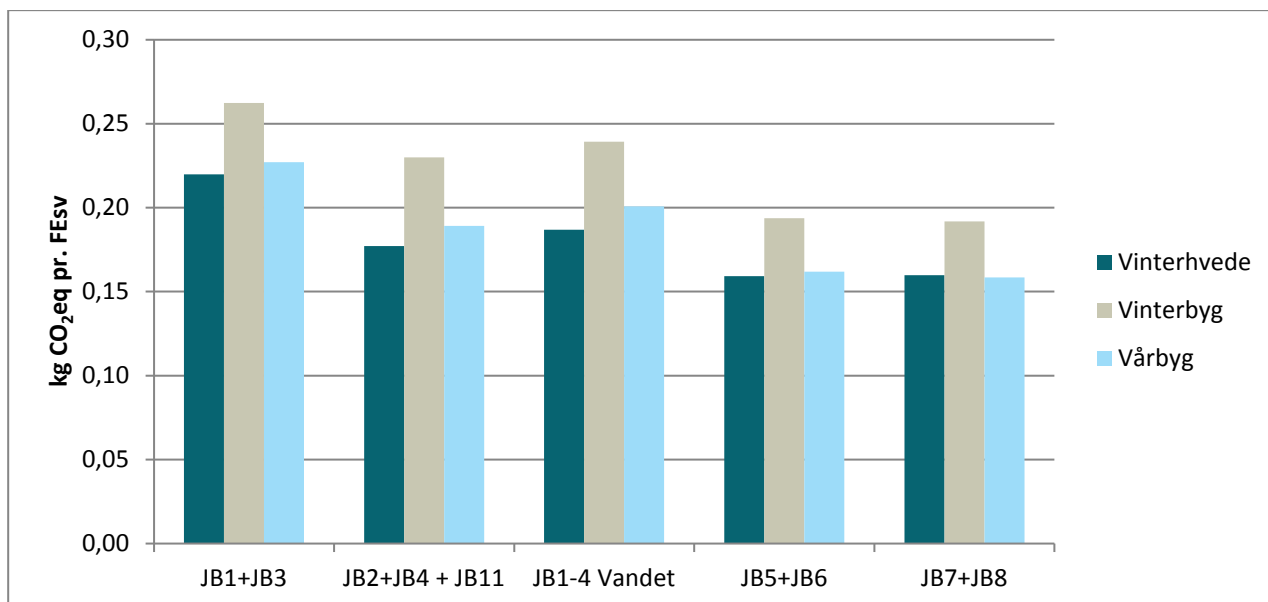
Det meste korn i Danmark fodres op til svin, og for landmandens kornforbrug er både udbytte og foderværdi derfor afgørende. En sammenligning af klimaprofilen på udbyttebasis må derfor tage både udbytte og foderværdi i betragtning. Foderværdien for de tre væsentligste kornarter kan ses i Tabel 3-1.

Tabel 3-1. Foderværdi af korn fra høst 2016. Kilde: (Miljø- og Fødevareministeriet, 2017)

	FESV	FESO
<b>Vinterhvede</b>	1,14	1,12
<b>Vårbyg</b>	1,06	1,06
<b>Vinterbyg</b>	1,00	1,01

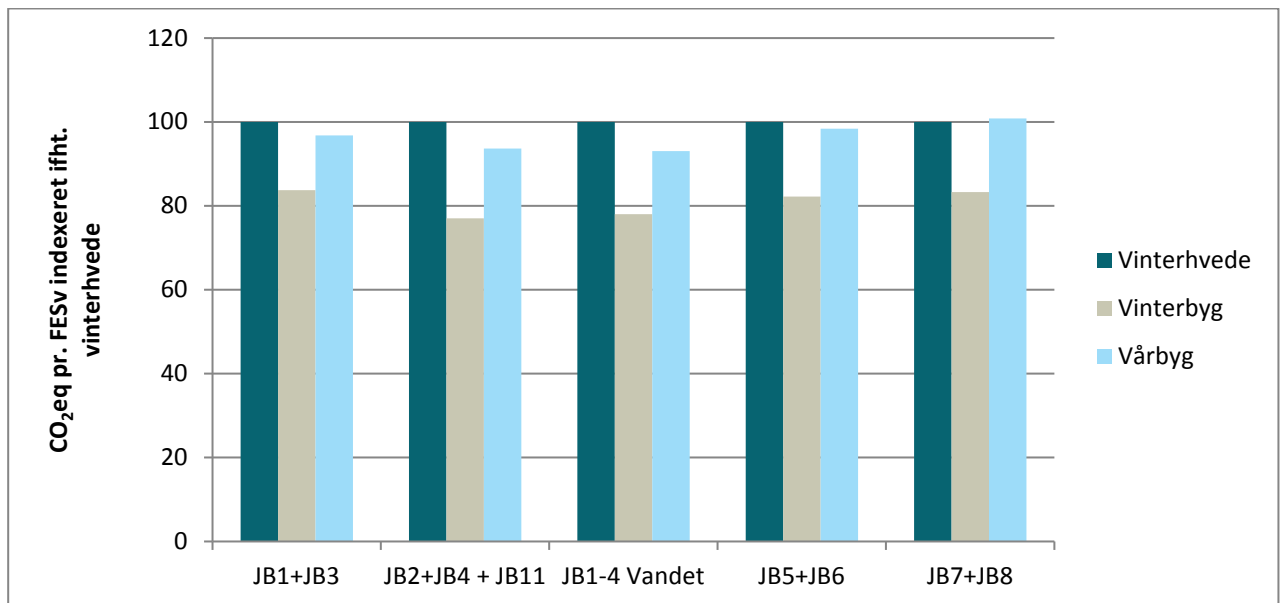
I Figur 3-2 ses en sammenligning af klimaprofilen på foderenhedsbasis (FEsv) for de tre kornarter fordelt på jordtyper. Udledningerne i forhold til udbyttet er størst på sandjord relativt til de bedre jorder, fordi der på sandjord skal anvendes mere gødning for at opnå samme udbytte. Emissionen pr. produceret foderenhed er størst for vinterbyg og mindst for vinterhvede. Årsagen er, at udbyttet og foderværdien er lidt lavere i vinterbyg relativt til vinterhvede, mens kvælstofnormerne kun adskiller sig lidt fra vinterhvede. Forskellen mellem de to dominerende kornarter, vinterhvede og vinterbyg er lille. Relativt til vinterhvede er de udbyttespecifikke udledningerne fra vinterbyg ca. 20 pct. højere på samme jordtype vægtet i forhold til de jordtyper hvor vinterbyggen (Figur 3-3). Tilsvarende er udledningerne fra vårbyg fra 1 pct. højere til 7 pct. lavere afhængigt af jordtypen og ca. 4 pct. lavere i gennemsnit vægtet efter dyrkningsareal på de forskellige jordtyper (Figur 3-3).

Konklusionen er, at der ikke er store forskelle i klimaprofilen mellem de kvantitativt betydende kornarter, idet der kun en forskel på 3 pct. i udbyttespecifik udledning mellem vårbyg og vinterhvede, som udgør 77 pct. af de samlede danske kornareal. Disse forskelle er langt mindre end usikkerheden på emissionsfaktoren for lattergas. Derfor kan det konkluderes at det er rimeligt at arbejde med en forudsætning om, at den reducerede kornproduktion i scenarierne udelukkende er vinterhvede, når der regnes på foderenhedsbasis.



Figur 3-2. Udledning af CO<sub>2</sub>-ækvivalenter fra dyrkning af vinterhvede, vinterbyg og vårbyg opgjort på udbyttebasis (FEsv). I beregningen er der alene taget højde for udledningen til produktion og transport af kvælstofgødningen og den direkte lattergasudledning fra anvendelse af kvælstofgødning i marken. Derfor dækker den beregnede klimagasudledning ikke hele udledningen ved korndyrkning.





Figur 3-3. Udlledning af CO<sub>2</sub>-ækvivalenter fra dyrkning af vinterhvede, vinterbyg og vårbyg opgjort på udbyttebasis (FESv) og relativt til vinterhvede på samme jordtype. I beregningen er der alene taget højde for udledningen til produktion og transport af kvælstofgødningen og den direkte lattergasudledning fra anvendelse af kvælstofgødning i marken.

## 4 VALG AF VIRKEMIDLER

Der findes en række beskrevne virkemidler til reduktion af landbrugets udledning af klimagasudledning. Disse er blandt andet beskrevet i "Virkemiddelkatalog - Potentialer og omkostninger for klimatiltag" (Tværministeriel-Arbejdsgruppe, 2013). En del af de foreslåede virkemidler retter sig mod husdyrproduktionen, f.eks. gyllekøling, ændringer i fodring af husdyr, og overdækning af gyllebeholdere, mens andre har effekt i markbruget. Virkemidler med effekt i markbruget er f.eks. reduktion af kvælstofnormer udtagning af jord, eller skærpede krav til udnyttelsen af husdyrgødning. Tabel 4-1 viser alle virkemidler med effekt i markbruget, som er analyseret i "Virkemiddelkatalog - Potentialer og omkostninger for klimatiltag" (Tværministeriel-Arbejdsgruppe, 2013).

Tabel 4-1. Foreslåede virkemidler og estimerede effekter. Efter Tværministeriel-Arbejdsgruppe (2013)

VIRKEMIDDEL	ANSLÅET EFFEKT I DET DANSKE KLIMAREGNSKAB (1000 TONS CO <sub>2</sub> -ÆKV. I 2020)
Afgift på kunstgødning uden nitrifikationshæmmere	335
Reduktion af kvælstofnorm med 10 pct.	175
Tilskud til etablering af 100.000 ha energipil til brug som brændsel	181
Krav om efterafgrøder på yderligere 240.000 ha	156
Krav om mellemafgrøder på yderligere 240.000 ha	167
Tilskud til udtagning af 100.000 ha landbrugsjord på højbund til vedvarende græs	295
Tilskud til udtagning af 35.000 ha organogene jorder med ophør af eller fortsat dræning	102 (fortsat dræning)
	481 (ophør af dræning)
Tilskud til skovrejsning på 50.000 ha højbund	474
Skærpet krav til kvælstofudnyttelse for afgasset husdyrgødning	48
Skærpet krav til kvælstofudnyttelse for udvalgte typer husdyrgødning	17

Af ressourcehensyn er der ikke muligt at analysere alle virkemidlerne i Tabel 4-1 i nærværende rapport. Derfor er der udvalgt tre virkemidler til videre analyse. Det drejer sig om reduktion af kvælstofkvoten, udtagning af højbundsjord og udtagning af organogen jord. De udvalgte virkemidler er udvalgt fordi de potentielt har stor effekt, kan implementeres uden store vanskeligheder og ikke kræver yderligere forskning for at blive medregnet de nationale klimaregnskaber. Virkemidlerne angående skærpede krav til kvælstofudnyttelse for afgasset husdyrgødning er fravalgt fordi effekten er under 50.000 tons CO<sub>2</sub> ækv., mens en analyse af tilsætning af nitrifikationshæmmere til handelsgødning er fravalgt, fordi effekten af nitrifikationshæmmer endnu ikke kan indgå i det nationale klimaregnskab, på grund af manglende forskningsgrundlag og mangel på aktivitetsdata. Desuden er det fravalgt at arbejde med tiltag med flere efter- og mellemafgrøder. Mens flere efter- og mellemafgrøder vil have en positiv sideeffekt ved at reducere kvælstofudvaskningen, er det vurderet at det ikke er muligt at dyrke flere af disse afgrøder end hvad der er krævet efter høst 2017. Det skyldes både sædskifte hensyn, og at det er vanskeligt at nå at etablere flere efterafgrøder inden for de krav

der gælder til etableringstidspunkt, særligt i år hvor høsten af vejrmæssige årsager bliver sen. Det er desuden valgt at se bort fra skovrejsning, idet effekten af skovrejsning primært skyldes kulstoflagring i træmassen (Tværministeriel-Arbejdsgruppe, 2013), og kun i mindre grad afhænger af hvilken landbrugsdrift der har været på arealet tidligere. Skovrejsning kan således ses som noget der kan komme efter en eventuel udtagning af jorden.

I forhold til effektestimaterne i virkemiddelkataloget beregnes både den nationale og den globale effekt af virkemidlerne. Man skal være opmærksom på, at der i nærværende rapport kan være anvendt andre forudsætninger og beregningsmetoder end ved opgørelserne i virkemiddelkataloget, og de beregnede effekter kan derfor være forskellige.

## 5 SCENARIER

For alle scenarierne gælder to grundlæggende antagelser, nemlig at husdyrproduktionens størrelse ikke påvirkes af afgrødeudbytter i marken, og at en nedgang i kornproduktionen vil i forhold til verdensmarkedet for korn kunne opfattes som en nedgang udelukkende i vinterhvede produktionen.

Husdyrproduktionens uafhængighed af afgrøde udbytterne i marken skyldes at husdyrproduktionens størrelse i højere grad afhænger af afregningsprisen på kød eller mælk, end af om man skal importere mere eller mindre foder. Det skyldes at udsving i afregningspriserne, mælk, slagtesvin og smågrise er større end den meromkostning der vil være ved et begrænset merindkøb af foder. Mens denne antagelse muligvis ikke er korrekt, hvis foderproduktionen reduceres drastisk, vil det i alt fald gælde, ved de begrænsede nedgange i foderproduktionen som indgår i de her opstillede scenarier.

At en nedgang i den generelle kornproduktion kan anses for at være det samme som en nedgang i hvede produktionen skyldes, at byg, triticale, etc. blot kan anses for substitutter for foderhvede, og hvede er den dominerende kornart til eksport. Alle disse kornarter anvendes primært til foder, med undtagelse af hvede og rug til brød samt maltbyg. En nedgang i den danske produktion af maltbyg forventes dog blot at fortrænge foderhvede i f.eks. Frankrig, og dermed reducere den globale hvedeproduktion. På samme måde vil en reduktion af den danske brødhvedeproduktion kunne antages blot at fortrænge foderhvede i udlandet. Nedgang i enhver kornproduktion antages således at kunne "oversættes" til en nedgang i vinterhvedeproduktionen.

### 5.1 Normreduktion

Forbruget af kvælstofgødning er den dominerende post i klimaprofilen for dyrkning af alle kornarterne, fordi der knytter sig en stor klimagasudledning til selve produktionen af kvælstofgødning, og fordi lattergasudledningen fra markbruget antages at være proportional med kvælstoftildelingen på marken. Derfor er en reduktion af kvælstoftildelingen et enkelt virkemiddel til reduktion af klimagasbelastningen fra markbruget. En reduktion af kvælstoftilførselen vil dog også reducere udbyttet, og marginaleffekten på udbyttet vil være større jo mere tildelingen reduceres. Samtidig vil reduktion i kvælstoftildelingen medføre lavere proteinprocent i kornet. Både udbytte og kvalitet af det dyrkede korn vil således blive påvirket negativt af reduceret kvælstoftildeling.

#### Forudsætninger

Lavere udbytte og kornkvalitet vil medføre lækageeffekter, hvor produktionstabt i Danmark flyttes til udlandet. Det antages i dette scenarie at:

- Det mindre kornudbytte vil blive kompenseret 1:1 ved merproduktion i udlandet

For husdyr produktionen antages det at:

- Den danske husdyrproduktion vil forblive konstant på trods af nedgang i kornproduktion. Derfor antages det at:
- Nedgangen i kornkvalitet vil medføre øget import af proteinfoder, f.eks. sojaskrå.
- Alt grovfoder fortsat vil blive produceret lokalt, men at grovfoderproduktionen påvirkes relativt lidt af en sænket kvælstofnorm. Det skyldes at udbytte responsen for kvælstof i majs og kløvergræs er relativt flad og at mindre tilførsel af kvælstof til kløvergræs helt eller delvist kompenseres af kløvens kvælstoffiksering. I praksis kan normsænkning betyde, at der skal beregnes et lidt større areal til dyrkning af grovfoder, men effekten medregnes ikke fordi effekten er lille.

Scenarier betingelser:

- Der regnes i udgangspunktet på en sænkning af kvælstofnormerne med 5, 10 eller 15% på hele dyrkningsarealet.

### Udbytte responsfunktion

Til beregning af udbytteresponser for reduceret kvælstoftildeling er der anvendt samme udbyttefunktion som i Miljøstyrelsens projekt "Pilotprojekt for ny målrettet arealregulering" (Ludvigsen et al., 2015). For en detaljeret beskrivelse henvises til denne rapport's bilag 9. Metoden er også beskrevet i planteavlsoverretning nr. 037 fra 9. december 2010 (Knudsen, 2010). Princippet bag udbyttefunktionen er kort beskrevet nedenfor.

Princippet i metoden er, at udbyttetabet ved at reducere kvælstofmængden fra den kvælstofmængde ( $N_{max}$ ), der giver det højeste udbytte ( $Udb_{max}$ ) er uafhængig af jordtype, forfrugt, optimal kvælstofmængde mv. Udbyttetabet er derimod specifikt for hver afgrøde. Udbyttetabet kan beskrives med et andengradspolynomium:

$UDB_{tab} = a_0 - a_1 \times (N_{max} - N) + a_2 \times (N_{max} - N)^2$ , hvor  $N$  er den tilførte kvælstofmængde,  $N_{max}$  er den kvælstofmængde der skal tilføres for at opnå det maksimale udbytte, og  $UDB_{tab}$  er udbytte tabet ved kvælstofniveauet  $N$ .

Det optimale udbytte  $N_{max}$  kan beregnes ud fra formlen:

$N_{max} = N_{Opt} + \frac{\left(\frac{PrisN}{Prisafgrøde} - a_1\right)}{2 \times a_2}$ , hvor  $N_{Opt}$  er udbyttet ved den økonomisk optimale kvælstoftildeling,  $PrisN$  er kvælstofprisen og  $Prisafgrøde$  er afgrøde prisen.

Forholdet mellem kvælstofpris og afgrødepris er i alle beregninger sat til 6, således at der skal 6 kg korn til at betale for 1 kg N. I de sidste 10 år har bytteforholdet mellem korn og kvælstof svinget mellem 5 og 6 (Knudsen, 2016).

Mens selve udbyttetabet er uafhængigt af jordtype, forfrugt mv. er det klart at udbyttens niveau påvirkes af disse faktorer. Udbyttet beregnes derfor ud fra standard udbytter for de enkelte jordtyper, og med faste korrektionsfaktorer for forfrugter m.v. Som udgangspunkt for beregningerne er der anvendt kvælstofnormerne og standardudbytterne for planperioden 2016/17, dvs. de økonomisk optimale normer ved indregning af 75 pct. af proteinværdien. Det er disse normer der i praksis anvendes i mark og gødningsplanlægningen.

Ud over at påvirke udbyttet påvirker kvælstoftilførslen også proteinindholdet i kornafgrøder. Der er regnet med at protein indholdet reduceres med 0,02 pct. enheder pr. kg tildelt N i vinterhvede. Proteinindholdet i vinterhvede er sat til 10,7 pct. på alle jordtyper og 11,2 i vinterbyg og 11,9 i vårbyg.

Udbytte tabet ved normreduktion over flere år er større end ved undergødsning i et enkelt år, men de ovenfor beskrevne udbytteresponser beskriver kun effekten af et enkelt års normreduktion. I forbindelse med projektet "Pilotprojekt for ny målrettet arealregulering" er der lavet en analyse af udbytteeffekten af vedvarende normreduktion, og det er estimeret at den flerårige effekt af normreduktion svare til, at reduktion i kvælstofmængden beregnes som 1,75 gange det beregnede tab ud fra udbyttekurver fra étårige forsøg (Bilag 9 i Ludvigsen et al., 2015). I de beregningerne der vises her er der regnet med effekten af en flerårig normreduktion efter metoden i Ludvigsen et al.(2015).

Alle beregningerne af udbytteresponser er udført i programmet Kalkule Mark 2.2 (Søren Kolind Hvid, 2015).

### Udbytter i korn ved 5, 10 og 15 pct. normreduktion

Ud fra ovenstående udbyttefunktion er udbytterne ved tre forskellige kvælstofniveauer beregnet for vinterhvede. I Tabel 5-1 er vist vinterhvede udbytter ved 5, 10 og 15 pct. normreduktion, samt ved økonomisk optimale kvælstofnormer for alle jordtyper. Bemærk at jordtyperne udelukkende påvirker udbyttene og ikke udbytte responsen. Beregningen er foretaget for et sædskifte med kontinuert korn og uden efterafgrøder.

Tabel 5-1. Udbytter og proteinprocenter ved forskellige niveauer af reduktion i kvælstoftilførselen i forhold til de anbefalede normer.

KORNSORT	NORMREDUKTION	0 PCT.		5 PCT.		10 PCT.		15 PCT.	
		Jordtype	Udbytte hkg pr. ha	Protein pct.	Udbytte hkg pr. ha	Protein pct.	Udbytte hkg pr. ha	Protein pct.	Udbytte hkg pr. ha
Vinterhvede	JB1 + JB3	49	10,7	48,0	10,5	46,8	10,4	45,3	10,2
Vinterhvede	JB2 + JB4	63	10,7	62,0	10,5	60,7	10,4	59,2	10,2
Vinterhvede	JB5 + JB6	81	10,7	79,8	10,5	78,2	10,3	76,4	10,1
Vinterhvede	JB7 + JB8	86	10,7	84,7	10,5	83,0	10,3	80,9	10,1
Vinterhvede	JB11	63	10,7	62,0	10,5	60,7	10,4	59,2	10,2
Vårbyg	JB1 + JB3	44	11,9	43,1	11,8	42	11,6	41	11,5
Vårbyg	JB2 + JB4	51	11,9	50,1	11,8	49	11,6	48	11,5
Vårbyg	JB5 + JB6	63	11,9	62,1	11,8	61	11,6	60	11,5
Vårbyg	JB7 + JB8	67	11,9	66,1	11,7	65	11,6	64	11,4
Vårbyg	JB11	51	11,9	50,1	11,8	49	11,6	48	11,5
Vinterbyg	JB1 + JB3	51	11,2	49,8	11,0	48	11,6	47	10,7
Vinterbyg	JB2 + JB4	55	11,2	53,9	11,0	53	11,6	51	10,7
Vinterbyg	JB5 + JB6	74	11,2	72,8	11,0	71	11,6	69	10,6
Vinterbyg	JB7 + JB8	79	11,2	77,7	11,0	76	11,6	74	10,6
Vinterbyg	JB11	55	11,2	53,9	11,0	53	11,6	51	10,7

Udbytteresponsen for vinterhvede, vårbyg og vinterbyg, er ikke væsentlig forskellig fra hinanden. Dette illustreres af at udbyttenedgangen ved en normreduktion på 15 pct. vil være 14-16 kg kerne pr. N for disse tre kornarter. Ligeledes er proteinresponsen er fastsat til 0,02 pct. enheder pr. kg N for alle de tre kornarter. Selvom responsen er meget ens, er udbyttene og kvælstoftilførsel i de tre kornarter forskelligt. I praksis

betyder det at udbyttet i vinterhvede og vinterbyg reduceres mere end udbyttet i vårbyg ved samme procentuelle normreduktion. Derfor er udbyttenedgangen for hele kornarealet derfor beregnet for, vinterhvede, vårbyg og vinterbyg, og den arealvægtede gennemsnitlige udbyttenedgang er anvendt til at opskalere resultatet til udbyttenedgangen for hele kornarealet. Da de tre anvendte kornarter dækker 85 pct. af det totale kornareal vil den fejl der introduceres i opskaleringen være lille.

Kvælstofforbruget ved økonomisk optimal gødskning, 5, 10 og 15 pct. normreduktion fordelt på jordtyper er vist i Tabel 5-2. Beregningen af kvælstofforbruget er specificeret i kapitel 6.

Tabel 5-2. Kvælstofforbrug pr. ha

AFGRØDE	JORDTYPE	JB1	JB4	JB1-4 VAN- DET	JB5	JB7	JB11
Vinterhvede	Norm	167	173	194	200	213	173
Vinterhvede	Norm – 5 pct.	159	164	184	190	202	164
Vinterhvede	Norm – 10 pct.	150	156	175	180	192	156
Vinterhvede	Norm – 15 pct.	142	147	165	170	181	147
Vårbyg	Norm	144	139	162	147	153	139
Vårbyg	Norm – 5 pct.	137	132	154	140	144	132
Vårbyg	Norm – 10 pct.	130	125	146	132	137	125
Vårbyg	Norm – 15 pct.	122	118	138	125	129	118
Vinterbyg	Norm	182	172	192	195	206	172
Vinterbyg	Norm – 5 pct.	173	163	182	185	196	163
Vinterbyg	Norm – 10 pct.	164	155	173	176	185	155
Vinterbyg	Norm – 15 pct.	155	146	163	166	175	146
Hele kornarealet	Norm	152	157	172	179	188	151
Arealvægtet gennemsnit på hele kornarealet	Norm – 5 pct.	145	149	163	170	178	144
Arealvægtet gennemsnit på hele kornarealet	Norm – 10 pct.	137	141	154	162	169	136
Arealvægtet gennemsnit på hele kornarealet	Norm – 15 pct.	130	133	146	153	159	129

Kvælstoftabet beregnet ud fra udbytteresponsen for vinterhvede, vårbyg og vinterbyg i 1000 tons for hele kornarealet er vist i Tabel 5-3 og pr. ha i Tabel 5-4.

Tabel 5-3. Udbyttetab, kvælstofudbyttetab og proteinudbyttetab i 1000 tons for hele kornarealet.

NORMREDUK- TION	UDBYTTE- TAB (1000 TONS)	UDBYTTETAB (MIO. FESV)	TAB I KVÆLSTOFUD- BYTTE (1000 TONS)	PROTEINUDBYTTE TAB (1000 TONS)
5 pct.	143	163	4,6	24,1
10 pct.	338	384	9,7	57,6
15 pct.	559	537	15,3	90,9

Tabel 5-4. Udbyttetab, kvælstofudbyttetab og proteinudbyttetab pr. ha

NORMREDUK- TION	UDBYTTE- TAB (HKG PR. HA)	UDBYTTETAB (FESV PR. HA)	TAB I KVÆLSTOFUD- BYTTE (KG N PR. HA)	PROTEINUDBYTTE TAB (KG PROTEIN PR. HA)
5 pct.	1,0	116	3,2	16,5
10 pct.	2,3	263	6,6	39,5
15 pct.	3,8	368	10,5	62,3

## 5.2 Udtagning af organogen jord

Når organogene jordere drænes og dyrkes nedbrydes det organiske stof i jorden og udledes som CO<sub>2</sub>. Hvis disse jordere tages ud af dyrkning og sættes under vand vil denne nedbrydning mindskes og CO<sub>2</sub> emissionen vil blive reduceret. Derfor er udtagning af organisk jord potentielt et kraftfuldt virkemiddel til at reducerer klimabelastningen fra markbruget. Udtagning af organogene jordere vil dog også medføre en mindre produktion i Danmark, og lækageeffekten af dette produktionstab skal medregnes i den globale effekt af tiltaget.

For at opnå støtte til udtagning gennem lavbundsordningen er det en forudsætning af jorden har et kulstofindhold på 12 pct. eller mere. I 2015 blev der dyrket 69.400 ha organisk jord med >12 pct. kulstof, hvoraf de 47.800 ha var omdriftsarealer, og de resterende 21.600 ha var græs (Nielsen et al., 2017). I den danske jordklassificering er humusjord (JB11) klassificeret som jord med >10 pct. organisk stof, svarende til ca. 6 pct. kulstof, og der dyrkes udover de 69.400 ha organogen jord, ca. 43.400 ha JB11, det vil i denne sammenhæng sige jord der har et kulstofindhold på 6 til 12 pct.

Udtagning af organogen jord vil direkte reducere kornproduktionen med den mængde korn der dyrkes på organogen jord. Desuden vil udtagningen indirekte reducere kornproduktionen fordi udtagning af jord i praksis vil flytte grovfoderproduktion fra organogen jord til mineraljord, jfr. forudsætningen om, at grovfoderproduktionen holdes konstant. Som det fremgår af ovenstående dyrkes en betydelig del af den organogene jord med græsafgrøder, dog særligt permanent græs.



## Forudsætninger

- Det forudsættes af al organisk jord i ådale udtages. Der regnes ikke med udtagning af organogene jordere i på fladerne, f.eks. vildmoserne.
- Nedgangen i kornproduktion betragtes som en reduktion i hvedeproduktionen, som for virkemidlet normsænkning.
- Der regnes med at jorden udtages til permanent græs uden dræning
- En mindre grovfoderproduktion kompenseres ved at udtage kornafgrøder fra det resterende landbrugsareal.
- Kvaliteten af korn og fodermidler påvirkes ikke.

## Udtaget areal

Andelen af organogen jord i ådalene der kan udtages er beregnet ud fra en GIS analyse. Basis for GIS analysen er kortlægningen af organogen jord fra 2010 (Greve et al., 2014), kortlægning af ådale i forbindelse med potentiale kortet for drænvirkemidler (Kjærgaard et al., 2017) samt markdata fra 2016 fra det generelle landbrugsregister. For alle marker der helt eller delvist er beliggende i ådale, er der beregnet det gennemsnitlige kulstofindhold i den del af marken der ligger i ådalen, ud fra kortet for organogen jord. Det er derefter opgjort hvordan afgrødefordelingen er i på henholdsvis mineraljord (<6 pct. kulstof) og humusjord (< 6 pct. kulstof) samt tørvejord (>12 pct. kulstof). Desuden er der lavet en beregning af afgrødefordelingen på jorder med > 20 pct. kulstof, fordi det er grænsen for den internationale definition af organogen jord.

Af Tabel 5-6 fremgår det at den direkte fortrængning af kornproduktion ved udtagning af jord med >12 pct. kulstof i ådalene er 8.540 ha. Den indirekte fortrængning af kornproduktion kræver at man gør en række antagelser om hvilken produktion der vil blive flyttet til mineraljord uden for ådalene og dermed fortrænge kornproduktion fra mineraljord.

Landmændene er forpligtet til at have 5 pct. MFO arealer. MFO arealer placeres ofte på mere vandlidende jorde med dårligt udbytte og lav dyrkningssikkerhed, og landmanden vil typisk være uvillig til at tage god højbundsjord ud til MFO brak. Samtidig kan MFO kravet opfyldes med andre alternativer, som f.eks. MFO efterafgrøder, men i mange egne af landet er der dog ikke plads til flere efterafgrøder i sædskiftet, og det kan være en udfordring at nå at så dem inden for datofristerne. Derfor er det uklart hvor stor en andel af MFO brakarealet der vil blive flyttet til mineraljord, men det er usandsynligt at det vil være hele arealet. De jordere som MFO brak vil blive flyttet til vil typisk være marginaljorde, hvor der typisk ikke dyrkes korn i om-drift, og derfor er det antaget at flytning af MFO arealer ikke fortrænger kornproduktion.

Kategorien MVJ og brak dækker braklagte arealer og plejet natur, og det antages at dette areal ikke flyttes ud på højbundsarealer. Det skyldes, at der er tale om naturarealer der ikke kan flyttes eller frivillig brak, og arealet kan derfor i praksis anses for at være udtaget allerede. Samme antagelse gøres for skov.

Energiafgrøder dyrkes ofte på jord der ikke er specielt højtydende, og på god jord vil det være vanskeligt for energiafgrøder at konkurrere med dækningsbidraget for korn (Larsen, 2015; SEGES, 2015). Det antages derfor at kun 25 pct. af arealet med energiafgrøder flyttes til højbundsjord.

Tabel 5-5. Afgrødefordeling i ådale fordelt på gennemsnitligt kulstofindhold i marken

AFGRØDE	KULSTOFINDHOLD				TOTALT AREAL	ANDEL DER FORVENTES FOR-TRÆNGT TIL HØJBUND (PCT.)
	<6	>6	>12	>20		
<b>Areal (ha)</b>						
Korn	62.800	34.816	8.540	1.278	97.625	-
Permanent græs	18.581	36.173	18.032	6.057	54.763	0
MVJ og brak	10.682	17.273	9.849	3.804	27.958	0
Kl. græs	13.408	11.931	4.139	1.037	25.342	100
Majs	9.450	5.067	838	57	14.520	100
Sletgræs	6.487	7.854	3.300	1.013	14.345	100
Helsæd el. grønkorn	4.747	4.717	1.633	424	9.464	100
MFO brak	3.332	5.323	2.706	932	8.657	0
Raps	5.487	2.206	389	69	7.694	100
Kartofler	2.627	1.107	208	32	3.734	100
Frøgræs	1.828	855	243	31	2.683	100
Skov	1.550	813	218	34	2.363	0
Bælgsæd	957	374	33	1	1.331	100
Roer	641	274	86	33	915	100
Energiafgrøder	436	441	140	52	877	25
Grøntsager og frugt	556	160	42	1	716	100
Andet	251	219	84	19	470	100
<b>Totalt</b>	<b>143.819</b>	<b>129.601</b>	<b>50.480</b>	<b>14.872</b>	<b>273.457</b>	

Tabel 5-6. Fortrængning af areal ved udtagning af jord med kulstofindhold over 12 pct.

AFGRØDE	KULSTOFINDHOLD >12	ANDEL DER FORVENTES FORTRÆNGT TIL HØJBUND (PCT.)	AREAL DER FORTRÆNGER KORN PÅ HØJBUND
Korn	8.540	-	-
Permanent græs	18.032	0	0
MVJ og brak	9.849	0	0
Kl. græs	4.139	100	4.139
Majs	838	100	838
Sletgræs	3.300	100	3.300
Helsæd el. grønkorn	1.633	100	1.633
MFO brak	2.706	0	0
Raps	389	100	389
Kartofler	208	100	208
Frøgræs	243	100	243
Skov	218	0	0
Bælgsæd	33	100	33
Roer	86	100	86
Energiafgrøder	140	25	35
Grøntsager og frugt	42	100	42
Andet	84	100	84
<b>Totalt</b>	<b>50.480</b>	<b>-</b>	<b>11.030</b>

Fortrængningen af kornareal på højbund er regnet som en 1:1 fortrængning i areal. Dette giver formentlig en lille overestimering af fortrængningen af kornareal, fordi udbyttet i mange afgrøder er højere på mineraljord end på humusjord. Hvis man anvender udbyttenermerne for mineraljord og for JB11 er forskellene for de arealmæssigt betydende afgrøder i størrelsesordenen -6 til 19 pct. i merudbytte for dyrkning på mineraljord. Der er ikke forskel i udbyttenermer mellem jordtyper for permanent græs. Forskellen i udbytter vurderes at være mindre end usikkerheden på vurderingen af hvor meget kornareal der fortrænges, og er derfor ikke medregnet.

Samlet bliver den direkte udtagning af korn fra lavbundsjord 8.540 ha, mens den indirekte fortrængning af korn fra højbundsarealer antages at være 11.30 ha (Tabel 5-6). Korn der udtages direkte vil høre til jordtypeggruppe JB2+4 (der inkludere JB11) og korn der fortrænges indirekte antages, at have en klimabelastning som gennemsnitligt dansk korn (Tabel 5-7).

Tabel 5-7. Direkte udtagning og indirekte fortrængning af kornareal ved udtagning af lavbundsarealer med kulstofindhold over 12 pct. beliggende i ådale. Jordtypegruppe som skal anvendes ved belastningsopgørelse.

	AREAL	JORDTYPEGRUPPE
<b>Direkte udtagning</b>	8.540 ha	JB2+JB4
<b>Indirekte fortrængning</b>	11.030 ha	Som gennemsnitligt dansk korn

### 5.3 Udtagning af minerogen jord

Udtagning af minerogen jord vil også reducere klimagasudledningen fra landbruget, fordi arealerne ikke længere gødes med kvælstofgødning. Effekten vil dog være meget mindre end for organogen jord, fordi der i minerogen jord ikke sker nedbrydning af en stor kulstofpulje, som det er tilfældet i organogen jord.

Som ved udtagning af organogen jord vil udtagning af minerogn jord direkte reducere kornproduktionen med den mængde korn der dyrkes på jorden. Som i de andre scenarier regnes der i dette scenarie også med at grovfoderproduktionen holdes konstant, hvorfor der regnes med at der kun udtages kornareal.

#### Forudsætninger

- Der regnes med udtagning af ca. 20.000 ha, dvs. samme areal som udtages for organogen jord.
- Der regnes med at jorden udtages til permanent græs
- Udbytteeffekten af udtagningen af kornareal regnes i praksis som reduktion i hvedeproduktionen, som for virkemidlet normsænkning.
- Der regnes med at jorden udtages fordelt efter jordtyper, således at effekten bliver som for en gennemsnitlig ha korn
- Kvaliteten af korn og fodermidler påvirkes ikke

## 6 ALLOKERINGSPRINCIPPER I OPGØRELSEN AF DRIVHUSGASEMISSIONEN FRA KORNDYRKNING

Når drivhusgas emissionen fra dyrkning af en afgrøde skal opgøres opstår, der en række afgrænsningsproblemer. Afgrænsningsproblemer handler om i grundlæggende om, hvilken aktivitet en given emission skal allokeres til, når forskellige sektorer er forbundne gennem udnyttelse af restprodukter fra én produktion i en anden produktion. I landbrugssammenhæng er problemet grundlæggende hvilke emissioner der allokeres til dyrkning af primærafgrøden og hvilke der allokeres til forbundne produktionssektorer der forbruger afgrøden, eller levere input til afgrøde dyrkningen, f.eks. husdyrgødning. I dette kapitel gøres der rede for de principper der er anvendt til afgrænsning af emissionerne for dyrkning af korn i denne rapport.

I denne rapport er det valgt kun at allokere de emissioner der direkte kan allokeres til dyrkning af afgrøden til klimaaftrykket for korn. Det vil f.eks. sige at meremissioner fra anvendelse af husdyrgødning i stedet for handelsgødning tilskrives husdyrproduktionen. Meremissionerne fra husdyrgødning skyldes blandt andet, klimagasemissioner under lagring, øget emissioner under udbringning og øget indirekte emissioner fra merudvasket kvælstof ved anvendelse af husdyrgødning. På samme vis godskrives kornproduktionen heller ikke de positive klimaeffekter som dyrkning af korn medføre. Det kunne f.eks. være udnyttelse af halm i varmeproduktionen. Det klimaaftryk der beregnes i denne rapport er derfor det isolerede klimaaftryk for kornproduktionen rensset for både positive og negative bidrag fra tilgrænsende sektorer.

Nedenfor beskrives hvad principperne for allokering betyder for de forskellige poster i beregningen af klimaaftrykket for korn. For forståeligheden er antagelserne også beskrevet ved gennemgangen af beregningerne for hver post i klimaaftrykket.

### 6.1 Gødning

Der er regnet med at korn gødes med ren handelsgødning. Al merudledning fra anvendelse af husdyrgødning er henregnet til husdyrproduktionen. Det gælder både de emissioner der er knyttet til stalden, så som direkte emissioner fra dyrenes fordøjelse og gødningshåndtering i stalden, emissioner fra gødningsopbevaring og meremissioner fra udbringning i marken, indirekte emissioner fra øget ammoniakfordampning og øget kvælstofudvaskning. Energiforbruget til produktion af handelsgødning til hele kvælstofforbruget er medregnet, og der således regnet som om hele arealet i praksis gødes med handelsgødning.

På samme måde som for kvælstofgødning er der for fosfor- og kaliumgødning regnet med anvendelse af rent handelsgødning på hele arealet. Behovet for kalium- og fosforgødning fastsættet ud fra fraførslen af fosfor og kalium med afgrøden, og det følger af at det der regnes som om alt halm nedmuldes at der ikke regnes med fraførsel af kalium og fosfor i halm. Der regnes desuden ikke med tilbageførsel af kalium og fosfor i restprodukter, f.eks. husdyrgødning eller aske fra halmafbrænding.

### 6.2 Bidrag fra anvendelse af kerne og halm

Alle emissioner fra anvendelsen af kerne og halm i tilgrænsende sektorer er henregnet til disse sektorer. Det betyder i praksis at der regnes som om al halm nedmuldes, fordi bjærgning af halm allokeres til de sektorer hvor halmen anvendes, f.eks. som strøelse i husdyrproduktionen eller til afbrænding i energisektoren. Beregningsteknisk betyder det at der heller ikke er indregnet brændstofforbrug til halmpresning og frakørsel af halm og korn. Til gengæld godskrives korn ikke for den reduktion i drivhusgasemissioner der kan tilskrives anvendelse af halm til energiformål, og samtidig indregnes den direkte lattergasemission fra nedmuldning af afgrøderester og halm på hele arealet, fordi der regnes med nedmuldning på hele arealet.

## 7 EMISSION AF DRIVHUSGASSER FRA FORBRUG AF HJÆLPESTOFFER

Dyrkning af korn medfører emission af drivhusgasser fra produktion og transport af hjælpestoffer. Første trin i beregningerne for hvert hjælpestof er en opgørelse af det gennemsnitlige forbrug af det pågældende hjælpestof. Det er væsentligt, at der ikke blot anvendes tilførselsnormer, hvis tilførselsnormerne ikke afspejler det reelle forbrug. Der er foretaget beregninger af emissionerne fra følgende hjælpestoffer:

- Udsæd
- Kvælstofgødning
- Fosforgødning
- Kaliumgødning
- Kalk
- Pesticider
- Brændstof (diesel)
- Vand til markvanding

### 7.1 Forbrug af udsæd

I vinterhvede anvendes ca. 170 kg udsæd pr. ha og i vårbyg ca. 150 kg udsæd pr. ha. Det indgår i beregningerne ved at fratække 1,70 hkg fra høstudbyttet i vinterhvede og 150 kg udsæd i byg.

### 7.2 Forbrug af kvælstofgødning

Fordelingen af det dyrkede areal med korn på jordbundstyper fremgår af Tabel 2-2.

Det samlede landbrugsareal, der kan markvandes, er opgjort af Danmarks Statistik for dyrkningsåret 2010 (Danmarks-Statistik, 2012) til 464.324 ha. Det samlede landbrugsareal, der blev markvandet i 2010, er opgjort til 318.991 ha. Det svarer til, at 68,7 % af det areal, der kunne vandes, blev vandet i 2010. Der er ikke data for, hvor stor en del af det dyrkede areal med korn, der kan vandes. På landsplan blev der vandet 151.715 ha med korn i 2010 (Danmarks-Statistik, 2012). Det antages, at forholdet mellem arealet med korn, der blev vandet, og arealet med korn, der kunne vandes, er det samme som for andre afgrøder.

Det samlede areal med korn, der kunne vandes i 2010 var da 220.837 ha. Det svarede til af 15,1 pct. af arealet med korn i 2010 og 68,2 pct. af arealet med korn på sandjord. Det antages endvidere, at det helt overvejende er arealer med JB 1 og JB 3, der kan markvandes. På baggrund heraf antages, at kvælstofnormen for vandet sandjord anvendes for 68,2 pct. af kornarealet på JB1 og JB3. Fordelingen af kornareal på jordtypegrupper kan ses i (Tabel 7-1) (areal) og Tabel 7-2 (procentvis).

Tabel 7-1. Fordeling af arealer med vårbyg, vinterhvede og vinterbyg på jordgrupper, areal.

AFGRØDE	KVÆLSTOFNORM KATEGORIER						Samlet Areal (ha)
	JB 1 + JB 3 Areal (ha)	JB 2 + JB 4 + JB 10-12 Areal (ha)	JB 1-4 vandet Areal (ha)	JB 5-6 Areal (ha)	JB 7-9 Areal (ha)	JB11 Areal (ha)	
Vinterhvede	16.593	171.998	35.585	227.503	66.727	10.119	528.525
Vårbyg	55.318	190.021	118.638	161.617	51.981	19.518	597.093
Vinterbyg	7.544	42.262	16.180	37.123	6.124	835	110.069
Hele kornarea- let	79.455	404.281	170.403	426.243	124.832	30.472	1.235.687

Tabel 7-2. Fordeling af arealer med vårbyg, vinterhvede og vinterbyg på jordgrupper, pct.

AFGRØDE	KVÆLSTOFNORM KATEGORIER						Samlet (Pct.)
	JB 1 + JB 3 (Pct.)	JB 2 + JB 4 + JB 10-12 (Pct.)	JB 1-4 vandet (Pct.)	JB 5-6 (Pct.)	JB 7-9 (Pct.)	JB11 (Pct.)	
Vinterhvede	9	32	20	27	9	3	100
Vårbyg	3	33	7	43	13	2	100
Vinterbyg	7	38	15	34	6	1	100
Hele kornarea- let	7	33	15	32	9	3	100

Forbruget af kvælstof i korn kan opgøres som kvælstoftilførslen til hver kornart på hver jordtype. Kvælstof-forbruget beregnes kun for vinterhvede, vårbyg og vinterbyg, og det samlede kvælstofforbrug på hele korn-arealet beregnes ved at opskaleres kvælstofforbruget i disse tre afgrøder til hele kornarealet. Opskalerin-gen udføres separat for hver jordtype. Man regner ikke med nogen kvælstofeftervirkning af korn. Eftervirk-ninger af andre afgrøder, f.eks. korn eller raps, henregnes til de afgrøder der giver eftervirkningen, og der er derfor ikke taget hensyn til kvælstofeftervirkninger af forfrugter i beregningerne af kvælstofforbruget i korn. Kvælstofforbruget er opgjort efter normerne i planperioden 2016/17 og for reduktion af disse normer med 5, 10 og 15 pct. normreduktion. Kvælstoftildeling ved norm og tre niveauer af reduceret kvælstofnorm er vist i Tabel 7-3.

Der er nogle bedrifter, der ikke udnytter kvælstofkvoten fuldt ud; men omfanget for kornafgrøder er ikke kendt. Der er også nogle bedrifter, der korrigerer kvælstofkvoten for dokumenterede højere udbytter i korn, men omfanget heraf er heller ikke kendt. I denne opgørelse ses bort fra disse to forhold.

Tabel 7-3. Kvælstofnormer og tre niveauer af reduceret kvælstofnorm for vårbyg, vinterhvede og vinterbyg for planperioden 2016/2017, kg N/ha.

AFGRØDE	NORMREDUKTION	KVÆLSTOFNORM KATEGORIER					
		JB 1 + JB 3	JB 2 + JB 4 + JB 10-12	JB 1-4 vandet	JB 5-6	JB 7-9	JB11
Vinterhvede	0 pct.	167	173	194	200	213	173
Vinterhvede	5 pct.	159	164	184	190	202	164
Vinterhvede	10 pct.	150	156	175	180	192	156
Vinterhvede	15 pct.	142	147	165	170	181	147
Vårbyg	0 pct.	144	139	162	147	153	139
Vårbyg	5 pct.	137	132	154	140	144	132
Vårbyg	10 pct.	130	125	146	132	137	125
Vårbyg	15 pct.	122	118	138	125	129	118
Vinterbyg	0 pct.	182	172	192	195	206	172
Vinterbyg	5 pct.	173	163	182	185	196	163
Vinterbyg	10 pct.	164	155	173	176	185	155
Vinterbyg	15 pct.	155	146	163	166	175	146

Tabel 7-4. Kvælstofforbrug på det samlede kornareal. Opskaleret til det samlede areal ud fra kvælstofforbruget i vinterhvede, vårbyg og vinterbyg.

NORMREDUKTION	JB 1 + JB 3	JB 2 + JB 4 + JB 10-12	JB 1-4 VANDET	JB 5-6	JB 7-9	JB11
<b>Kg N pr. ha</b>						
<b>0</b>	152	157	172	179	188	151
<b>5</b>	145	149	163	170	178	144
<b>10</b>	137	141	154	162	169	136
<b>15</b>	130	133	146	153	159	129



Der er regnet med samme emission af drivhusgasser i forbindelse med produktion af kvælstofgødning som i Elsgaard (2015), nemlig 3,1 kg CO<sub>2</sub>e/kg N (Tabel 7-5). Emissioner forbundet med transport af kvælstofgødning til Danmark er også beregnet som i Elsgaard (2015). Der er regnet med 1.000 km transport til søs a 8,99 g CO<sub>2</sub>e/ton/km og 350 km transport på landevej a 227 g CO<sub>2</sub>e/ton/km (Tabel 7-5).

De samlede udledninger fra produktion af kvælstofgødning fordelt på jordtypegrupper og ved fire niveauer af kvælstoftildeling er vist i Tabel 7-6.

Tabel 7-5. Emission af drivhusgasser pr. kg N forbrugt, kg CO<sub>2</sub>e/kg N.

EMISSION KG CO <sub>2</sub> EQ PR. KG N	
Produktion	3,10
Søtransport (1.000 km)	0,01
Vejtransport (350 km)	0,08
I alt pr. kg N forbrugt	3,19

Tabel 7-6. Emission af drivhusgasser fra produktionen af forbruget af N-gødning ved dyrkning af korn ved forskellige grader af normreduktion og på forskellige jordtyper, kg CO<sub>2</sub>e/ha.

NORMREDUK- TION	JB 1 + JB 3	JB 2 + JB 4 + JB 10-12	JB 1-4 VAN- DET	JB 5-6	JB 7-9	JB11
kg CO <sub>2</sub> e pr. ha						
<b>Norm</b>	486	501	547	573	599	482
<b>Norm -5 pct.</b>	462	476	520	544	567	458
<b>Norm -10 pct.</b>	438	451	492	515	538	434
<b>Norm -15 pct.</b>	413	425	465	487	508	410

### 7.3 Forbrug af fosfor- og kaliumgødning

Forbruget af fosfor og kalium kan opgøres ud fra bortførslen i kernen. Specielt for kaliums vedkommende er tilførselsnormen væsentlig større end bortførslen; men hovedparten af det fosfor og kalium, der ikke bortføres med afgrøden, vil være til rådighed for efterfølgende afgrøder. Bortførslen med afgrøden er derfor et mere retvisende udtryk for afgrødens forbrug af gødning end tilførselsnormerne. Bortførsel i halm medregnes ikke, idet forbruget af fosfor og kalium til halm produktion skal henregnes til halmens anvendelse som f.eks. strøelse eller til energiproduktion, jfr. den generelle afgrænsning af analysen.

Næringsstofindholdet i vinterhvede, vårbyg og vinterbyg fremgår af Tabel 7-7.

Tabel 7-7. Indhold af fosfor og kalium i høstet kerne i vinterhvede, vårbyg og vinterbyg.

	<b>P (G PR. KG TS)</b>	<b>K (G PR. KG TS)</b>
<b>Vinterhvede</b>	3,4	20
<b>Vårbyg</b>	3,8	20
<b>Vinterbyg</b>	3,8	20

Ligesom i Elsgaard (2015) og i den svenske emissionsopgørelse (Ahlgren et al., 2009) er her regnet med drivhusgasemissioner fra produktion af fosfor- og kaliumgødning på henholdsvis 0,71 kg CO<sub>2</sub>eq/kg P og 0,46 kg CO<sub>2</sub>eq/kg K.

Tabel 7-8. Bortførelse af fosfor med høstet kerne fordelt på jordtyper. Tildeling af fosfor er beregnet ud fra bortførelse med høstet kerne

	<b>BORTFØRELSE AF FOSFOR I HØSTET KERNE (KG PR.HA)</b>			
	<b>Norm</b>	<b>Norm – 5 pct.</b>	<b>Norm – 10 pct.</b>	<b>Norm – 15 pct.</b>
<b>JB1+JB3</b>	14	14	14	13
<b>JB2 + JB4</b>	17	17	17	16
<b>JB1-4 vandet</b>	18	18	18	17
<b>JB5+JB6</b>	22	22	22	21
<b>JB7+JB8</b>	24	23	23	22
<b>JB11</b>	17	17	16	16
<b>Areal vægtet gennemsnit</b>	20	19	19	18

Tabel 7-9. Bortførsel af kalium med høstet kerne fordelt på jordtyper. Tildeling af kalium er beregnet ud fra bortførsel med høstet kerne

<b>BORTFØRSEL AF KALIUM I HØSTET KERNE (KG PR. HA)</b>				
	<b>Norm</b>	<b>Norm – 5 pct.</b>	<b>Norm – 10 pct.</b>	<b>Norm – 15 pct.</b>
<b>JB1+JB3</b>	78	76	74	72
<b>JB2 + JB4</b>	96	94	93	90
<b>JB1-4 vandet</b>	100	98	96	93
<b>JB5+JB6</b>	125	123	121	118
<b>JB7+JB8</b>	132	130	128	125
<b>JB11</b>	94	92	90	88
<b>Areal vægtet gennemsnit</b>	109	107	105	102

Tabel 7-10. Emissioner fra fosforgødning ved fire niveauer af kvælstoftildeling og fordelt på jordtyper. Tildeling af fosfor er beregnet ud fra bortførsel med høstet kerne

<b>EMISSIONER FRA FOSFORGØDNING (KG CO<sub>2</sub>EQ/HA)</b>				
	<b>Norm</b>	<b>Norm – 5 pct.</b>	<b>Norm – 10 pct.</b>	<b>Norm – 15 pct.</b>
<b>JB1+JB3</b>	10,2	10,0	9,8	9,5
<b>JB2 + JB4</b>	12,3	12,1	11,9	11,6
<b>JB1-4 vandet</b>	13,1	12,9	12,6	12,2
<b>JB5+JB6</b>	15,8	15,6	15,3	14,9
<b>JB7+JB8</b>	16,7	16,5	16,2	15,8
<b>JB11</b>	12,1	11,9	11,7	11,4
<b>Arealvægtet gennemsnit</b>	13,9	13,7	13,4	13,1

Tabel 7-11. Emissioner fra kaliumgødning ved fire niveauer af kvælstoftildeling og fordelt på jordtyper. Tildeling af kalium er beregnet ud fra bortførelse med høstet kerne

EMISSIONER FRA KALIUMGØDNING (KG CO <sub>2</sub> EQ/HA)				
	Norm	Norm – 5 pct.	Norm – 10 pct.	Norm – 15 pct.
<b>JB1+JB3</b>	35,7	35,0	34,1	33,1
<b>JB2 + JB4</b>	44,2	43,5	42,6	41,5
<b>JB1-4 vandet</b>	45,8	45,0	44,0	42,8
<b>JB5+JB6</b>	57,5	56,7	55,6	54,3
<b>JB7+JB8</b>	60,8	59,9	58,8	57,4
<b>JB11</b>	43,1	42,4	41,5	40,5
<b>Arealvægtet gennemsnit</b>	50,1	49,3	48,3	47,1

#### 7.4 Forbrug af pesticider

I perioden 2006-2014 var det gennemsnitlige forbrug af aktivstof i dansk planteavl 1,68 kg/ha. Der findes ikke statistik over forbruget i de enkelte regioner eller i de enkelte afgrøder. Emission af drivhusgasser ved produktion af pesticider kan sættes til 5,37 kg CO<sub>2</sub>eq pr. kg aktivstof (Elsgaard, 2015). Forbrug af pesticider eksklusiv udbringning giver dermed anledning til en emission af drivhusgasser på 9,0 kg CO<sub>2</sub>eq pr. ha dyrket areal.

#### 7.5 Forbrug af kalk

Der findes ikke statistik over forbruget af kalk i de enkelte regioner eller på de enkelte jordtyper. På landsplan er der i Danmark i gennemsnit for perioden 2005-2014 anvendt 452.000 ton kalk (CaCO<sub>3</sub>) årligt. Det svarer til 170 kg pr. ha. De direkte emissioner fra anvendelse af kalk kan beregnes med emissionsfaktoren 0,12 kg CO<sub>2</sub>-C/kg CaCO<sub>3</sub>. Dertil kommer udvinding og transport (0,019 kg/kg CaCO<sub>3</sub>). Forbrug af kalk eksklusiv udbringning giver dermed anledning til en emission af drivhusgasser på 78 kg CO<sub>2</sub>eq pr. ha dyrket areal.

#### 7.6 Forbrug af brændstof til markarbejde

Der findes ingen statistik over brændstofforbruget til dyrkning af korn. Forbruget af brændstof beregnes derfor ud fra det estimerede omfang af markopgaver og brændstofforbruget pr. markopgave. Ligesom i Elsgaard (2015) er brændstofforbruget pr. ha ganget med 0,9 på sandjord (JB 1-4) og med 1,1 på lerjord (JB 7 – JB 9) og humus jord (JB11). Fordelingen af det dyrkede areal på brændstoffkategorier fremgår af Tabel 7-12.

Tabel 7-12. Fordelingen af det dyrkede areal med korn på kategorier af jordbundstyper i forhold til brændstofforbrug, pct. af dyrket areal med korn.

	JB 1-4	JB 5-6	JB 7-11
<b>Vinterhvede</b>	61	27	12
<b>Vårbyg</b>	42	43	15
<b>Vinterbyg</b>	60	34	6
<b>Samlet kornareal</b>	56	32	12

I Elsgaard (2015) er der regnet med pløjning og tromling på hele vinterhvede arealet. Et mindre areal bliver imidlertid dyrket pløjefrit, hvorfor der her kun regnes med pløjning på 90 pct. af arealet for alle kornarterne. Antallet af markoperationer for hver kornart er fastsat ud fra SEGES' budgetkalkuler (SEGES, 2017). Markoperationerne for de tre kornarter adskiller sig kun med hensyn til marksprøjtning hvor vårbyg typisk sprøjtes 3 gange, vinterbyg 4 gange og vinterhvede 5 gange. Da brændstofforbruget kun udgør en mindre post i det samlede klimaregnskab for korn, og fordi arealet med vinterhvede og vårbyg er omtrentligt lige stort er der ved beregning af brændstofforbruget på en ha "gennemsnitskorn" regnet med 4 marksprøjtninger (Tabel 7-13).

Tabel 7-13. Frekvens af arbejdsopgaver og forbrug af diesel ved dyrkning af korn på JB 5-6, l/ha. Der er regnet med et gennemsnit på 4 marksprøjtninger for hele kornarealet. Se tekst for detaljer.

	FREKVEN- S ANTAL GANGE/HA	DIESEL FOR- BRUG L/GANG	REFE- RENCE	DIESEL FOR- BRUG L/HA
Pløjning	0,9	23	a	20,7
Gødsning (handelsgødning)	1	1,7	b	1,7
Kombi-harve såning	1	6,4	b	6,4
Tromling (særskilt behandling)	1	1,8	b	1,8
Marksprøjtning	4	1,5	a/b	6
Mejetærskning inkl. transport	1	14	a	14
Kalk spredning	0,2	7,5	a	1,5
I alt til markopgaver				52,1

a) Dalgaard et al. (2006) b) Håndbog til driftsplanlægning 2015 (SEGES, 2015)

I

Tabel 7-14 er beregnet dieselforbruget i gennemsnit pr. ha for kornproduktion i Danmark. Som i Elsgaard (2015) er der regnet med emissioner svarende til 3,36 kg CO<sub>2</sub>eq pr. liter diesel.

Tabel 7-14 Forbrug af diesel (l/ha) og emission af drivhusgasser (kg CO<sub>2</sub>eq/ha) ved dyrkning af forskellige kornsorter.

	<b>GNS. FOR- BRUG AF DIESEL, L/HA</b>	<b>EMISSION AF DRIVHUSGAS- SER, KG CO<sub>2</sub>EQ/HA</b>
Vårbyg	48,0	161
Vinterhvede	52,0	175
Vinterbyg	49,3	166
Korn	48,3	162

Brændstofforbrug til halmpresning frakørsel af korn og halm, samt energiforbrug til evt. tørring af korn er ikke medregnet. Det skyldes, at der i den afgrænsning af klimaaftrykket for korn der er valgt her ikke medregnes udledninger der kan henføres til den sekundære anvendelse af korn eller halm, som f.eks. opfodring eller strøelse eller fyring med halm. Disse udledninger skal i stedet henregnes til anvendelsen i f.eks. husdyrproduktion eller varmeværker.

### 7.7 Forbrug af vand til markvanding

Omfanget af markvanding er ikke ens i de forskellige afgrøder. Markvanding er mere udbredt på kvægbrug og på bedrifter med kartofler end på andre bedriftstyper. Derudover er vandforbruget til markvanding pr. ha vandet areal forskelligt i forskellige afgrøder, da vandingsbehovet afhænger af den enkelte afgrødes vækstsæson. Desuden varierer vandforbruget meget fra år til år afhængig af vejrforholdene. Til brug for beregning af emissionerne af drivhusgasser ved dyrkning af korn anvendes det gennemsnitlige vandforbrug set over en længere årrække pr. ha dyrket areal (total areal).

Danmarks Statistik opgør det årlige forbrug af vand til markvanding. Indberetningerne af vandforbrug før kommunalreformen er mangelfulde for nogle områder af landet. Derfor baseres opgørelsen af vandforbrug til markvanding i korn på perioden 2006-2014.

Tabel 7-15. Vandforbrug til markvanding 2006-2015, mio. m<sup>3</sup> (Danmarks-Statistik, 2017)

	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>GNS.</b>
Hele landet	187,5	89,9	204,2	213,1	192,8	179,7	114,7	248,4	243,2	185,9

Danmarks Statistik har for 2010 opgjort det vandede areal i forskellige afgrøder. 2010 var et år med et vandforbrug lidt over middel og vurderes at være rimelig repræsentativ for perioden 2006-2015.

Tabel 7-16. Markvanding 2010 fordelt efter afgrøder, ha (Danmarks-Statistik, 2012)

	KORN	MAJS	BÆLG-SÆD	KAR-TOFLER	SUKKER-ROER	RAPS	GRÆS	AN-DET	I ALT
Hele landet	151.715	29.421	1.550	26.974	57	7.687	82.438	18.992	318.834

Det beregnede vandingsbehov ved optimal vanding i perioden 1987-2010 (Tabel 7-16) anvendes som nøgle til fordeling af vandforbruget mellem de enkelte afgrøder.

Tabel 7-17 Vandingsbehov på grovsandet jord (JB 1) 1987-2010, mm (S.K. Hvid, 2011)

	KORN	MAJS	BÆLG-SÆD	KAR-TOFLER	SUKKER-ROER	RAPS	GRÆS	ANDET
Vandingsbehov	117	76	103	155*	76	121	177	(150)

\*) Vandingsbehovet i kartofler er hævet med 50 % i forhold til det modelberegne behov, da det skønnes at en tredjedel af vandingsvandet tabes ved nedsivning mellem kartoffelkammene.

Ud fra Tabel 7-16 og Tabel 7-17 beregnes vandingsbehovet i m<sup>3</sup> vand i de forskellige afgrøder.

 Tabel 7-18 Vandingsbehov fordelt efter afgrøder, 1.000 m<sup>3</sup> (ud fra Tabel 7-16 og Tabel 7-17)

	KORN	MAJS	BÆLG-SÆD	KAR-TOFLER	SUKKER-ROER	RAPS	GRÆS	AN-DET	I ALT
Hele landet	177.507	22.360	1.597	41.810	43	9.301	145.915	28.488	427.021

Tabel 7-19 Fordeling af vandforbrug mellem afgrøder, pct. (ud fra tabel Tabel 7-19)

	KORN	MAJS	BÆLG-SÆD	KAR-TOFLER	SUKKER-ROER	RAPS	GRÆS	AN-DET	I ALT
Hele landet	41,6	5,2	0,4	9,8	0,0	2,2	34,2	6,7	100

 Tabel 7-20 Vandforbrug fordelt efter afgrøder 2006-2015, 1.000 m<sup>3</sup> (ud fra Tabel 7-15 og Tabel 7-19)

	KORN	MAJS	BÆLG-SÆD	KAR-TOFLER	SUKKER-ROER	RAPS	GRÆS	AN-DET	I ALT
Hele landet	78.246	9.746	715	17.962	18	3.928	62.998	12.321	185.933

Tabel 7-21 Dyrket areal (vandet og uvandet) efter afgrøde i perioden 2006-2015, ha (Danmarks Statistik)

	KORN	MAJS	BÆLG-SÆD	KAR-TOFLER	SUKKER-ROER	RAPS	GRÆS
Hele landet	1.474.183	168.637	8.058	40.582	83.065	160.264	300.723

Tabel 7-22 Vandforbrug til markvanding pr. ha dyrket areal (vandt og uvandt) efter afgrøde i perioden 2006-2015, mm (ud fra Tabel 7-20 og Tabel 7-21)

	KORN	MAJS	BÆLG-SÆD	KAR-TOFLER	SUKKER-ROER	RAPS	GRÆS
Hele landet	5,3	5,8	8,9	44,3	0,0	2,5	20,9

Energiforbruget til markvanding kan sættes til 4,6 kWh/mm/ha (Jens J. Høy, pers. medd.). Energiforbruget til markvanding efter afgrøde på regionalt niveau fremgår af tabel 4-22. Emissionen af drivhusgasser pr. kWh har været faldende gennem en årrække og var i 2015 ifølge miljødeklarationen af el fra Energinet.dk 233 g CO<sub>2</sub>e pr. kWh (200 % metoden).

Tabel 7-23 Energiforbrug til markvanding pr. ha dyrket areal (vandt og uvandt) efter afgrøde i perioden 2006-2015, kWh/ha (ud fra Tabel 7-22).

REGION	KORN	MAJS	BÆLG-SÆD	KAR-TOFLER	SUKKER-ROER	RAPS	GRÆS
Hele landet	24	27	41	204	0	11	96

Tabel 7-24 Emission af drivhusgasser forbundet med markvanding pr. ha dyrket areal (vandt og uvandt) efter afgrøde, kg CO<sub>2</sub>e/ha (ud fra Tabel 7-23).

REGION	KORN	MAJS	BÆLG-SÆD	KARTOF-LER	SUKKER-ROER	RAPS	GRÆS
Hele landet	5,69	6,19	9,50	47,44	0,02	2,63	22,45



## 8 DYRKNING PÅ ORGANOGEN JORD

I henhold til (IPCC, 2006) er der tale om organogen jord, hvis kulstofindholdet i jorden er højere end 20 pct. Det svarer til et indhold af humus på 35 pct. For at undersøge hvor stort et areal der dyrkes med korn på organogen jord med over 20 pct. kulstof er der lavet en GIS analyse af det gennemsnitlige kulstofindhold i alle marker i 2016. Det gennemsnitlige kulstofindhold i A horisonten er beregnet i hver mark, ud fra GLR oplysninger om markens placering og kortlægningen af kulstofindholdet i A horisonten fra Tørv 2015 kortlægningen (Greve et al., 2014). Marker med et gennemsnitligt indhold af kulstof i A horisonten er klassificeret som organogen jord.

Arealet med korn på organogen jord (>20 pct. kulstof) er meget begrænset. Det skyldes formentlig at mange arealer med højt kulstofindhold er i dårlig afvandings tilstand. De mest betydende kornarter på jord med kulstofindhold >20 pct. er vårbyg og vinterhvede. Andre kornarter dækker udgøres helt overvejende af vårhavre (323 ha) og vårhvede (305 ha).

Lattergasemissionen fra drænede og dyrkede organogene jorde skal ifølge IPCC (2006) sættes til en standard værdi på 8 kg N<sub>2</sub>O-N pr. ha. Det antages at alt organogen jord der dyrkes med korn er drænet, og emissionsfaktoren for organogen jord avendes derfor på hele arealet med organogen jord. I den samlede emissionsopgørelse er emissionen fra organogen jord inkluderet i opgørelsen for JB11 der indeholder den organogene jord. Det meget begrænsede areal med organogen gør at den samlede emission der kan tilskrives organogen jord er lille.

Tabel 8-1 Arealer med korn på jord med kulstofindhold på >20 pct. Data for 2016.

AFGRØDE	AREAL (HA)
Vårbyg	1714
Vinterhvede	969
Vinterbyg	39
Andre kornarter	733
Samlet areal	3455

## 9 EMISSION AF LATTERGAS VED DYRKNING AF KORN

En meget betydelig del af den samlede klimapåvirkning ved dyrkning af korn (og andre afgrøder) kommer fra den beregnede emission af lattergas direkte i marken og de beregnede emissioner i forbindelse med tab af kvælstof til det omgivende miljø. Opgørelsen af emissioner af lattergas omfatter følgende poster

- Direkte emissioner fra forbruget af kvælstofgødning
- Emission fra omsætning af overjordiske og underjordiske afgrøderester
- Emission fra fordampet ammoniak
- Emission fra udvasket nitratkvælstof

### 9.1 Direkte emissioner af lattergas fra forbrug af kvælstofgødning

Emission af lattergas beregnes i henhold til IPCC guidelines (IPCC, 2006) efter Tier 1 metoden, der også anvendes i forbindelse med opgørelsen af det nationale drivhusgasregnskab. Standard emissionsfaktoren er 0,01 kg N<sub>2</sub>O-N/kg N. Ifølge IPCC (2006) skal tilført N i handelsgødning ikke som tidligere fratrækkes tab ved ammoniakfordampning.

Tabel 9-1. Kvælstoftilførsel og direkte emission af lattergas fra anvendelse af kvælstofgødning i korn fordelt på jordtyper og ved forskellige kvælstoftildelinger i korn, kg CO<sub>2</sub>eq/ha. Der er regnet for en gennemsnitlig hektar af det danske kornareal.

Jordtype	KVÆLSTOFTILDELING (KG N PR. HA)				DIREKTE LATTERGAS EMISSION KG (CO <sub>2</sub> ÆKV. PR. HA)			
	Norm	Norm -5 pct.	Norm -10 pct.	Norm -15 pct.	Norm	Norm - -5 pct.	Norm - 10 pct.	Norm - 15 pct.
<b>JB1+JB3</b>	152	145	137	130	635	603	571	539
<b>JB2+JB4</b>	157	149	141	133	653	621	588	555
<b>JB1-4 van- det</b>	172	163	154	146	714	679	643	607
<b>JB5-6</b>	179	170	162	153	747	710	673	635
<b>JB7-8</b>	188	178	169	159	782	741	702	663
<b>JB11</b>	151	144	136	129	630	598	567	535

### 9.2 Emission af lattergas fra afgrøderester

De overjordiske afgrøderester består af stub, avner og ikke-bjerget halm. Halmmængden antages at udgøre 57 % af kernudbyttet i afgrøden (Danmarks-Statistik, 2017). Dette forhold mellem frø- og halmudbytte er baseret på ældre data. Det er imidlertid ikke undersøgt, om forholdet mellem frø- og halmudbytte er anderledes ved dyrkning af moderne sorter. Der er regnet med et N-indhold i halm på 0,51 af tørstof som i

Elsgaard (2015) og en vandprocent i halmen på 15 pct.. Ifølge Mikkelsen (2006) kan der i gennemsnit regnes med et kvælstofindhold i stub og avner på 17 kg N pr. ha i vinterhvede, 12 kg N pr. ha i vinterbyg og 10 kg N pr. ha i vårbyg.

Tabel 9-2 Kvælstofudbytte i overjordisk afgrøderest (halm, avner og stub)

	<b>NORM</b>	<b>NORM – 5 PCT.</b>	<b>NORM – 10 PCT.</b>	<b>NORM – 15 PCT.</b>
	<b>Kg N pr. ha</b>			
<b>JB1+3</b>	23	23	22	22
<b>JB2+4</b>	27	27	26	26
<b>JB1-4 vandet</b>	26	25	25	25
<b>JB5+6</b>	32	31	31	31
<b>JB7+8</b>	33	32	32	32
<b>JB11</b>	26	26	25	25

Tabel 9-3 Emissioner fra overjordisk afgrøderest. Der er regnet med en emissionsfaktor på 0,01 kg N<sub>2</sub>O-N pr kg N.

	<b>NORM</b>	<b>NORM – 5 PCT.</b>	<b>NORM – 10 PCT.</b>	<b>NORM – 15 PCT.</b>
	<b>Kg CO<sub>2</sub> ækv. pr. ha</b>			
<b>JB1+3</b>	95	94	93	92
<b>JB2+4</b>	112	111	110	108
<b>JB1-4 vandet</b>	108	106	106	104
<b>JB5+6</b>	132	131	129	128
<b>JB7+8</b>	136	134	133	131
<b>JB11</b>	107	108	105	104

Ligesom i Elsgaard (2015) beregnes mængden af underjordisk afgrøderest som 22 % af den samlede overjordiske biomasse (frøudbytte, halm, stub, skulper). Det svarer til IPCC's guideline for kornafgrøder. IPCC (2006) har ikke specificeret en beregningsmetode for raps. Der er som i Elsgaard (2015) regnet med et kvælstofindhold i den underjordiske afgrøderest på 0,9 %.

Tabel 9-4 Kvælstofudbytte i underjordisk afgrøderest (halm, avner og stub)

	<b>NORM</b>	<b>NORM – 5 PCT.</b>	<b>NORM – 10 PCT.</b>	<b>NORM – 15 PCT.</b>
<b>Kg N pr. ha</b>				
<b>JB1+3</b>	10	9	9	9
<b>JB2+4</b>	11	11	11	11
<b>JB1-4 vandet</b>	12	11	11	11
<b>JB5+6</b>	14	14	14	13
<b>JB7+8</b>	15	15	14	14
<b>JB11</b>	11	11	11	11

 Tabel 9-5 Emissioner fra underjordisk afgrøderest. Der er regnet med en emissionsfaktor på 0,01 kg N<sub>2</sub>O-N pr kg N.

	<b>NORM</b>	<b>NORM – 5 PCT.</b>	<b>NORM – 10 PCT.</b>	<b>NORM – 15 PCT.</b>
<b>Kg CO<sub>2</sub> ækv. pr. ha</b>				
<b>JB1+3</b>	40	40	39	38
<b>JB2+4</b>	48	47	46	46
<b>JB1-4 vandet</b>	48	47	47	46
<b>JB5+6</b>	59	58	57	56
<b>JB7+8</b>	61	61	60	59
<b>JB11</b>	47	47	45	44

### 9.3 Emission af lattergas fra ammoniakfordampning

Ligesom i Elsgaard (2015) er antaget, at ammoniakfordampningen fra handelsgødning udgør 2,2 % af den tilførte mængde kvælstof. Standard emissionsfaktoren for nedfald af ammoniak er ifølge IPCC (2006) 0,01 kg N<sub>2</sub>O-N/kg NH<sub>3</sub>-N.

Tabel 9-6. Ammoniakfordampning (kg N/ha)

	<b>NORM</b>	<b>NORM – 5 PCT.</b>	<b>NORM – 10 PCT.</b>	<b>NORM – 15 PCT.</b>
<b>Ammoniakfordampning Kg N pr. ha</b>				
<b>JB1+3</b>	3,4	3,2	3,0	2,9
<b>JB2+4</b>	3,5	3,3	3,1	2,9
<b>JB1-4 vandet</b>	3,8	3,6	3,4	3,2
<b>JB5+6</b>	3,9	3,8	3,6	3,4
<b>JB7+8</b>	4,1	3,9	3,7	3,5
<b>JB11</b>	3,3	3,2	3,0	2,8

 Tabel 9-7. Emission af lattergas ved nedfald af ammoniak (kg CO<sub>2</sub>eq/ha).

	<b>NORM</b>	<b>NORM – 5 PCT.</b>	<b>NORM – 10 PCT.</b>	<b>NORM – 15 PCT.</b>
<b>Ammoniakfordampning Kg CO<sub>2</sub> ækv. pr. ha</b>				
<b>JB1+3</b>	14,0	13,3	12,6	11,9
<b>JB2+4</b>	14,4	13,7	12,9	12,2
<b>JB1-4 vandet</b>	15,7	14,9	14,1	13,4
<b>JB5+6</b>	16,4	15,6	14,8	14,0
<b>JB7+8</b>	17,2	16,3	15,4	14,6
<b>JB11</b>	13,9	13,2	12,5	11,8

#### 9.4 Emission af lattergas fra tab af kvælstof ved nitratudvaskning

Nitratudvaskningen ved dyrkning af korn er beregnet med N-les 4. Beregningen er foretaget for vinterhvede og vårbyg, i et sædskifte hvor hver kornart dyrkes kontinuert og uden efterafgrøder. Dermed er der ikke indregnet effekter af forfrugter på udvaskningen. Udvaskeeffekten for forfrugten tilskrives forfrugtens klimaaftryk. I beregningen indgår kornets effekt på nitratudvaskningen i både udlægsåret, høståret og året efter høståret. Udvaskeberegninger er udført for vårbyg og vinterhvede på hver jordtype og udvaskningen er derefter skaleret op til hele kornarealet med udgangspunkt i jordtypesammensætningen for hele kornarealet. Som N-niveau i udvaskeberegningen er anvendt normen for kvælstoftildeling på hver jord-

type. Der er regnet med at kvælstofdeling sker i ren i handelsgødning. Der er regnet med fuld implementering af ændrede kvælstofnormer, dvs. der er ikke taget hensyn til, at N-niveauet gradvis øges over en periode på seks år ved ændringer i kvælstofnormerne. Udvaskningsberegninger er udført for hver region med en afstrømning, der repræsentativ for den pågældende region, og efterfølgende vægtet i forhold til kornarealets jordtypefordeling. N-les4 kan ikke beregne udvaskningen på JB11 og JB8. Udvaskningen på disse jordtyper er fastsat til udvaskningen for henholdsvis JB2 og JB7 i samme region. Resultatet og udvaskningsberegningen er vist i Tabel 9-8.

Tabel 9-8 Beregning af nitratudvaskning ved dyrkning af korn ved forskellige kvælstofniveau, kg N/ha. Beregnet med N-les 4. Udvaskninger er beregnet regionsvis og vægtet i forhold til jordtype areal med korn i hver region.

AFGRØDE	JORDTYPE	NORM	Kg N pr. ha		
			NORM – 5 PCT.	NORM – 10 PCT.	NORM – 15 PCT.
Vinterhvede	JB1	97	94	92	89
Vinterhvede	JB2	105	102	99	97
Vinterhvede	JB3	86	83	81	79
Vinterhvede	JB4	87	85	83	81
Vinterhvede	JB5	67	65	64	62
Vinterhvede	JB6	72	71	69	67
Vinterhvede	JB7	55	54	52	51
Vinterhvede	JB8	63	61	59	58
Vinterhvede	JB11	101	98	96	93
Vårbyg	JB1	123	120	118	115
Vårbyg	JB2	135	132	129	127
Vårbyg	JB3	113	111	109	106
Vårbyg	JB4	112	110	108	106
Vårbyg	JB5	86	84	82	81
Vårbyg	JB6	88	87	85	83
Vårbyg	JB7	67	66	65	63
Vårbyg	JB8	78	76	75	73
Vårbyg	JB11	131	128	125	123
Begge kornarter	Vægtet ifht. jordtype	91	89	87	85

Emission af lattergas fra udvaskning af nitrat beregnes som i Elsgaard (2015) disaggregeret for udvaskning til henholdsvis grundvand (inkl. dræn), vandløb og kystvand. Emissionsfaktoren er for hvert af de tre trin i transporten af nitrat fra rodzone til kystvand 0,0025 kg N<sub>2</sub>O-N/kg N. Med udgangspunkt i den nyeste kortlægning af kvælstofretention (reference) er den arealvægtede kvælstofretention for alle vinterhvede og vårbygmarker i hver region beregnet. Retentionen er beregnet for alle vinterhvede og vårbygmarker i 2016. Der er beregnet retention i grundvand, overfladevand og totalt fra rodzone til kystvand. Den kombinerede emissionsfaktor for kvælstofudvaskning fra rodzonen kan da beregnes således med tallene for hele landet som eksempel: (0,0025\*100 pct.) + (0,0025\*40 pct.) + (0,0025\*31pct.) = 0,0043. Den kombinerede emissionsfaktor for hver region er vist i Tabel 9-9. Den beregnede emission forbundet med kvælstofudvaskning er vist i Tabel 9-10.

Tabel 9-9 Kvælstofretention for arealer dyrket med vinterhvede eller vårbyg i 2016 og beregnet andel af rodzoneudvaskningen, der udledes til henholdsvis grundvand/dræn, vandløb og kystvand, pct. Egne beregninger.

	KVÆLSTOFRETENTION, PCT.			ANDEL AF RODZONEUDVASKNING (PCT.), DER UDLEDES TIL			KOMBINERET EMISSIONSFAKTOR
	Grundvand	Overfladevand	Total	Grundvand eller dræn	Vandløb	Kystvand	
Hele landet	69	25	60	100	40	31	0,43

Tabel 9-10. Emission af drivhusgasser forbundet med kvælstofudvaskning ved dyrkning af korn, kg CO<sub>2</sub>ækv./ha.

	NORM	NORM – 5 PCT.	NORM – 10 PCT.	NORM – 15 PCT.
kg CO <sub>2</sub> ækv. pr. ha				
JB1+3	178	174	169	165
JB2+4	184	180	176	172
JB5+6	145	142	139	136
JB7+8	112	109	107	104
JB11	197	193	188	184
Vægtet på jordtyper	162	158	155	151

## 10 SAMLET EMISSION AF DRIVHUSGASSER VED DYRKNING AF KORN

Tabel 10-1 Emissioner af drivhusgasser ved dyrkning af korn pr. ha og pr. produceret hkg kerne og FEsv, ved gødskning efter kvælstofnormer i planperioden 2016/2017

	NORM						Arealvægtet
	JB1+ JB3	JB 2 + JB4	JB1-4 vandet	JB5 + JB6	JB7 + JB8	JB11	
Forbrug af kvælstofgødning (produktion)	486	501	547	573	599	482	539
Forbrug af fosforgødning	10	12	13	16	17	12	14
Forbrug af kaliumgødning	36	44	46	58	61	43	50
Forbrug af pesticider	9	9	9	9	9	9	9
Forbrug af kalk	78	78	78	78	78	78	78
Forbrug af brændstof (diesel)	158	158	158	175	193	193	167
Forbrug af el til markvanding	6	6	6	6	6	6	6
Dyrkning på organogen jord (> 20 % C)	0	0	0	0	0	0,7	0
Lattergas fra kvælstofgødning (direkte)	635	653	714	747	782	630	703
Lattergas fra overjordisk afgrøderest	95	112	108	132	136	107	119
Lattergas fra underjordisk afgrøderest	40	48	48	59	61	47	52
Lattergas fra ammoniakfordampning	14	14	16	16	17	14	15
Lattergas fra kvælstofudvaskning	178	184	178	145	112	197	162
<b>Emissioner i alt</b>	<b>1744</b>	<b>1819</b>	<b>1920</b>	<b>2013</b>	<b>2069</b>	<b>1818</b>	<b>1914</b>
Udbytte, korrigeret for udsædsmængde (hkg pr. ha)	44	55	57	72	76	54	63
Udbytte, korrigeret for udsædsmængde (FEsv pr. ha)	4733	5999	6123	7929	8409	5828	6840
Udbytte i hvedeækvivalenter, korrigeret for udsædsmængde (hkg pr. ha)	41	53	54	69	74	51	60
<b>Emissioner i alt, kg CO<sub>2</sub>ækv. pr. hkg kerne</b>	<b>39</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>28</b>	<b>27</b>	<b>34</b>	<b>31</b>
<b>Emissioner i alt, kg CO<sub>2</sub>ækv. pr. hkg hvedeækvivalenter</b>	<b>42</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>36</b>	<b>32</b>



Tabel 10-2. Emissioner af drivhusgasser ved dyrkning af korn pr. ha og pr. produceret hkg kerne og FEsv, ved gødskning 5 pct. under kvælstofnormer i planperioden 2016/2017

<b>NORM – 5 PCT.</b>							
	<b>JB1+ JB3</b>	<b>JB 2 + JB4</b>	<b>JB1-4 vandet</b>	<b>JB5 + JB6</b>	<b>JB7 + JB8</b>	<b>JB11</b>	<b>Areal- vægtet</b>
Forbrug af kvælstofgødning (produktion)	462	476	520	544	567	458	512
Forbrug af fosforgødning	10	12	13	16	17	12	14
Forbrug af kaliumgødning	36	44	46	58	61	43	50
Forbrug af pesticider	9	9	9	9	9	9	9
Forbrug af kalk	78	78	78	78	78	78	78
Forbrug af brændstof (diesel)	158	158	158	175	193	193	167
Forbrug af el til markvanding	6	6	6	6	6	6	6
Dyrkning på organogen jord (> 20 % C)	0	0	0	0	0	0,7	0
Lattergas fra kvælstofgødning (direkte)	603	621	679	710	741	598	668
Lattergas fra overjordisk afgrøderest	94	111	106	131	134	108	118
Lattergas fra underjordisk afgrøderest	40	47	47	58	61	47	51
Lattergas fra ammoniakfordampning	13	14	15	16	16	13	15
Lattergas fra kvælstofudvaskning	174	180	174	142	109	193	158
<b>Emissioner i alt</b>	<b>1682</b>	<b>1755</b>	<b>1849</b>	<b>1941</b>	<b>1991</b>	<b>1758</b>	<b>1846</b>
Udbytte, korrigeret for udsædsmængde (hkg pr. ha)	42	52	54	68	72	51	59
Udbytte, korrigeret for udsædsmængde (FEsv pr. ha)	4488	5690	5808	7524	7979	5528	6489
Udbytte i hvedeækvivalenter, korrigeret for udsædsmængde (hkg pr. ha)	39	50	51	66	70	48	57
<b>Emissioner i alt, kg CO<sub>2</sub>ækv. pr. hkg kerne</b>	<b>40</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>35</b>	<b>31</b>
<b>Emissioner i alt, kg CO<sub>2</sub>ækv. pr. hkg hvedeækvivalenter</b>	<b>43</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>36</b>	<b>32</b>

Tabel 10-3. Emissioner af drivhusgasser ved dyrkning af korn pr. ha og pr. produceret hkg kerne og FEsv, ved gødskning 10 pct. under kvælstofnormer i planperioden 2016/2017

<b>NORM – 10 PCT.</b>							
	<b>JB1+ JB3</b>	<b>JB 2 + JB4</b>	<b>JB1-4 vandet</b>	<b>JB5 + JB6</b>	<b>JB7 + JB8</b>	<b>JB11</b>	<b>Areal- vægtet</b>
Forbrug af kvælstofgødning (produktion)	438	451	492	515	538	434	485
Forbrug af fosforgødning	10	12	13	16	17	12	14
Forbrug af kaliumgødning	36	44	46	58	61	43	50
Forbrug af pesticider	9	9	9	9	9	9	9
Forbrug af kalk	78	78	78	78	78	78	78
Forbrug af brændstof (diesel)	158	158	158	175	193	193	167
Forbrug af el til markvanding	6	6	6	6	6	6	6
Dyrkning på organogen jord (> 20 % C)	0	0	0	0	0	0,7	0
Lattergas fra kvælstofgødning (direkte)	571	588	643	673	702	567	633
Lattergas fra overjordisk afgrøderest	93	110	106	129	133	105	116
Lattergas fra underjordisk afgrøderest	39	46	47	57	60	45	51
Lattergas fra ammoniakfordampning	13	13	14	15	15	12	14
Lattergas fra kvælstofudvaskning	169	176	169	139	107	188	155
<b>Emissioner i alt</b>	<b>1619</b>	<b>1691</b>	<b>1780</b>	<b>1869</b>	<b>1917</b>	<b>1693</b>	<b>1777</b>
Udbytte, korrigeret for udsædsmængde (hkg pr. ha)	40	49	51	65	68	48	56
Udbytte, korrigeret for udsædsmængde (FEsv pr. ha)	4243	5382	5494	7118	7550	5229	6138
Udbytte i hvedeækvalenter, korrigeret for udsædsmængde (hkg pr. ha)	37	47	48	62	66	46	54
<b>Emissioner i alt, kg CO<sub>2</sub>ækv. pr. hkg kerne</b>	<b>41</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>35</b>	<b>32</b>
<b>Emissioner i alt, kg CO<sub>2</sub>ækv. pr. hkg hvedeækvalenter</b>	<b>43</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>30</b>	<b>29</b>	<b>37</b>	<b>33</b>

Tabel 10-4. Emissioner af drivhusgasser ved dyrkning af korn pr. ha og pr. produceret hkg kerne og FEsv, ved gødskning 15 pct. under kvælstofnormer i planperioden 2016/2017

<b>NORM – 15 PCT.</b>							
	<b>JB1+ JB3</b>	<b>JB 2 + JB4</b>	<b>JB1-4 vandet</b>	<b>JB5 + JB6</b>	<b>JB7 + JB8</b>	<b>JB11</b>	<b>Areal- vægtet</b>
Forbrug af kvælstofgødning (produktion)	413	425	465	487	508	410	458
Forbrug af fosforgødning	10	12	13	16	17	12	14
Forbrug af kaliumgødning	36	44	46	58	61	43	50
Forbrug af pesticider	9	9	9	9	9	9	9
Forbrug af kalk	78	78	78	78	78	78	78
Forbrug af brændstof (diesel)	158	158	158	175	193	193	167
Forbrug af el til markvanding	6	6	6	6	6	6	6
Dyrkning på organogen jord (> 20 % C)	0	0	0	0	0	0,7	0
Lattergas fra kvælstofgødning (direkte)	539	555	607	635	663	535	598
Lattergas fra overjordisk afgrøderest	92	108	104	128	131	104	115
Lattergas fra underjordisk afgrøderest	38	46	46	56	59	44	50
Lattergas fra ammoniakfordampning	12	12	13	14	15	12	13
Lattergas fra kvælstofudvaskning	165	172	165	136	104	184	151
<b>Emissioner i alt</b>	<b>1556</b>	<b>1626</b>	<b>1710</b>	<b>1796</b>	<b>1842</b>	<b>1630</b>	<b>1708</b>
Udbytte, korrigeret for udsædsmængde (hkg pr. ha)	37	46	48	61	64	45	53
Udbytte, korrigeret for udsædsmængde (FEsv pr. ha)	<b>3998</b>	<b>5073</b>	<b>5180</b>	<b>6713</b>	<b>7121</b>	<b>4929</b>	<b>5788</b>
Udbytte i hvedeækvivalenter, korrigeret for udsædsmængde (hkg pr. ha)	35	45	45	59	62	43	51
<b>Emissioner i alt, kg CO<sub>2</sub>ækv. pr. hkg kerne</b>	<b>42</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>36</b>	<b>32</b>
<b>Emissioner i alt, kg CO<sub>2</sub>ækv. pr. hkg hvedeækvivalenter</b>	<b>44</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>31</b>	<b>29</b>	<b>38</b>	<b>34</b>

Det fremgår af Tabel 10-1, Tabel 10-2, Tabel 10-3, Tabel 10-4 at de beregnede emissioner falder med fallende kvælstoftildeling, med at emissionerne pr. produceret enhed stiger svagt.

## 11 LITTERATURLISTE

- Ahlgren, S., Hansson, P. A., Kimming, M., Aronsson, P., Lundkvist, H. (2009). *Greenhouse gas emissions from cultivation of agricultural crops for biofuels and production of biogas from manure*. Dnr SLU ua 12-4067/08, Revised vers. 2009-09-08.
- Dalgaard, T., Halberg, N., Jørgensen, M. . (2006). Status for energiinput og –output i økologisk jordbrug samt muligheder for energibesparelser. In U. Jørgensen & T. Dalgaard (Eds.), *Energi i økologisk jordbrug – reduktion af fossilt energiforbrug og produktion af vedvarende energi* (pp. 25–45). Forskningscenter for Økologisk Jordbrug.
- Danmarks-Statistik. (2012). *Landbrug 2011 - Statistik om landbrug, gartneri og skovbrug*. København: Danmarks statistik.
- Danmarks-Statistik. (2017). Statistikbanken. Retrieved from <https://www.statistikbanken.dk/>
- Elsgaard, L. (2015). *Greenhouse gas emissions from cultivation of winter wheat and winter rapeseed for biofuels*.
- Greve, M. H., Christensen, O. F., Greve, M. B., Kheir, R. . (2014). Change in Peat Coverage in Danish Cultivated Soils During the Past 35 Years. *Soil Science*, 179(5), 250–257.
- Hvid, S. K. (2011). Markvandingsbehov 1987-2010. *Planteavlsorientering* 616.
- Hvid, S. K. (2015). Kalkule Mark nu i version 2.0. Retrieved from [https://www.landbrugsinfo.dk/ltvaerktoejer/Planteavl/Sider/kalkule-mark-nu-i-version-2-0\\_pl\\_15\\_2155\\_3687.aspx](https://www.landbrugsinfo.dk/ltvaerktoejer/Planteavl/Sider/kalkule-mark-nu-i-version-2-0_pl_15_2155_3687.aspx)
- IPCC. (2006). *N2O Emissions From Managed Soils, and CO2 Emissions From Lime and Urea application. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use*.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Kjærgaard, C., Bach, E. O., Greve, M. H., Iversen, B. V., Børgesen., C. D. (2017). *Kortlægning af potentielle områder til etablering af konstruerede minivådområder*. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. Retrieved from [http://pure.au.dk/portal/files/116512758/Besvarelse\\_Miniv\\_domr\\_deeffekt\\_kg\\_N\\_pr\\_ha\\_miniv\\_domr\\_de\\_002\\_.pdf](http://pure.au.dk/portal/files/116512758/Besvarelse_Miniv_domr_deeffekt_kg_N_pr_ha_miniv_domr_de_002_.pdf)
- Knudsen, L. (2010). Beregning af konsekvensen af undergødskning. *Planteavlsorientering Nr. 037*.
- Knudsen, L. (2016). Stigende mængder kvælstof. In *Oversigt over Landsforsøgene 2016* (pp. 202–209). Skejby: SEGES.
- Larsen, S. U. (2015). Kalkuler for energipil. *Planteavlsorientering Nr. 734*.
- Ludvigsen, N., Madsen, I. N., Petersen, B. M. (2015). *Pilotprojekt for ny målrettet arealregulering - Afprøvning af prototyper for kvælstofreguleringsmodeller*. København.
- 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*.
- Miljø- og Fødevarerministeriet. (2016). *Vejledning om gødsknings- og harmoniregler - Planperioden 1*.

august 2016 til 31. juli 2017. København.

Miljø- og Fødevareministeriet. (2017). *Vejledning om gødskningsog harmoniregler Planperioden 1. august 2017 til 31. juli 2018*. København.

Nielsen, O.-K., Plejdrup, M. S., Winther, M., Nielsen, M., Gyldenkærne, S., Mikkelsen, M. H., ... Hansen, M. G. (2017). *Denmark's National Inventory Report 2017. Emission Inventories 1990-2015 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol*.

SEGES. (2015). *Håndbog til driftsplanlægning 2015*. (K. Jørgensen & L. Pedersen, Eds.). Århus N: SEGES Forlag.

SEGES. (2017). Budgetkalkuler - Farmtal Online.

Tværministeriel-Arbejdsgruppe. (2013). *Virkemiddelkatalog - Potentialer og omkostninger for klimatiltag*.

**Udgiver**

SEGES PlantelInnovation  
Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.  
Agro Food Park 15, Skejby  
DK 8200 Aarhus N

**Kontakt**

Kristoffer Piil, SEGES  
D +45 8740 5574

**Redaktion**

Kristoffer Piil, SEGES  
Søren Kolind Hvid, SEGES

**Forsidefoto**

SEGES

December 2017

Denne publikation må kopieres efter aftale med SEGES.

SEGES skaber løsninger til fremtidens landbrugs- og fødevarerhverv. Vi udvikler forretningsmuligheder i tæt samarbejde med vores kunder, forskningsinstitutioner og virksomheder over hele verden. SEGES er en del af Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.

SEGES  
Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.  
Agro Food Park 15  
DK 8200 Aarhus N

+45 8740 5000  
info@seges.dk  
seges.dk

