

Klimaeffektive gødningsstrategier for vinterhvede og vårbyg	Ansvarlig	atch
	Oprettet	29-11-2023
	Opdateret	06-12-2023
	Side	1 af 7
Projekt: 8506, Klimaeffektive gødningsstrategier		

Klimaeffektive gødningsstrategier for vinterhvede og vårbyg

Drivhusgasemissionerne fra dansk landbrug udgør omkring en fjerdedel af Danmarks samlede udledninger, og lattergasemissioner fra kvælstofholdig gødning og planterester udgør ca. 16% af drivhusgasemissionen fra landbruget. Hvis landbruget skal nå målsætningen om klimaneutralitet i 2050, er der behov for nye metoder og strategier til at reducere udledningerne.

Et sted der kan sættes ind er ved at udvikle gødningsstrategier med væsentligt lavere lattergasemissioner. Dette projekt, klimaeffektive gødningsstrategier, tager fat i den udfordring, og adresserer flere ting omkring klimaberegninger for gødningstildelinger. For nuværende regnes lattergasemissionen fra marken som 1% af tilført kvælstof i form af gødning, planterester mm. Det betyder at landmanden kun kan mindske sine lattergasemissioner ved at reducere sin kvælstoftilførsel. Dertil kommer at der er stor tvivl om hvorvidt både den nuværende lattergasemissionsfaktor, og en ny emissionsfaktor for handelsgødning på 1,6%, foreslået af FN's klimapanel IPCC, er retvisende under danske forhold. Et nyt studie (Petersen et al 2023), viser en emissionsfaktor for handelsgødning på 0,15%, hvilket er væsentligt lavere end foreslået af IPCC. I dette projekt arbejdes der derfor med lattergasmålinger i markforsøg, der kan medvirke til at datagrundlaget for danske emissionsfaktorer styrkes, samt for at udvikle gødningsstrategier til den enkelte landmand, der kan reducere klimabelastningen.

En anden ting der arbejdes med i dette projekt er nitrifikationshæmmere. Nitrifikationshæmmere er et værktøj der har potentiale til at reducere lattergasemissionerne fra marken med op til 40%. Her har gødningsstrategien en væsentlig rolle, også fordi effekten af nitrifikationshæmmere er større ved en højere ammoniumandel i gødningen, da nitrifikationshæmmere kun virker på kvælstof tildelt på ammoniumform. I dette projekt er der derfor også arbejdet med nitrifikationshæmmere tilsat gødning, for at udtage prøver og beregne emissionsfaktorer, for gødningsstrategier der inkluderer brugen af nitrifikationshæmmere.

I dette notat er der beregnet klimaaftryk for produktionen af hhv. 1 ha vinterhvede og 1 ha vårbyg. Klimaberegningerne er ligeledes lavet på produktniveau for de forskellige gødningsstrategier. Beregningerne bygger på forsøg udført i 2022 og 2023.

Markforsøg, gødningsstrategier:

Der er gennemført 2 serier á 3 forsøg, i både 2022 og 2023, med stigende N i handelsgødning med tilsætning af nitrifikationshæmmere til udvalgte behandlinger. Forsøgene er udført i både vinterhvede og vårbyg. I udvalgte led er der udtaget prøver til lattergasbestemmelse, hvilket gør det muligt at bestemme en emissionsfaktor for lattergas for hver enkelt strategi. Kun led med lattergasbestemmelse er medtaget i klimaberegningerne her.

For vinterhveden er der medtaget 5 forskellige strategier. Alle tildeles 200 kg N, men gødningstypen varierer fra fast NS 27-4 gødning med en ammoniumandel på 50%, til ren ammonium gødning NS 21-24. Til udvalgte led er der tilsat nitrifikationshæmmere.

For vårbyg er medtaget 4 forskellige strategier i 2022, mens der i 2023 er kigget på 5 forskellige strategier. I alle tilfælde tildeles 120 kg N.

En oversigt over markforsøgene med lattergasbestemmelse er angivet her:

2022

TABEL 1	Strategi	Kg N tildelt	NH4+ - andel	Gødningstype	Nitrifikations-hæmmere	Antal tildelinger
Vinter-hvede	5	200	50%	NS 27-4	Nej	3
	10	200	50%	NS 27-4	Ja	3
	12	200	100%	NS 21-24	Ja	3
	14	200	50%	Flydende NS 24-6	Nej	3
	15	200	50%	NS 27-4	Nej	4
Vårbyg	4	120	50%	NS 27-4	Nej	1
	8	120	50%	NS 27-4	Ja	1
	9	120	100%	NS 21-24	Nej	1
	10	120	100%	NS 21-24	Ja	1

2023

TABEL 2	Strategi	Kg N tildelt	NH4+ - andel	Gødningstype	Nitrifikations-hæmmere	Antal tildelinger
Vinter-hvede	5	200	50%	NS 27-4	Nej	3
	8	200	50%	NS 27-4	Ja	3
	9	200	100%	NS 21-24	Ja	3
	10	200	50%	Flydende NS 24-6	Nej	3
	11	200	50%	NS 27-4	Nej	4
Vårbyg	4	120	50%	NS 27-4	Nej	1
	7	120	50%	NS 27-4	Ja	1
	8	120	100%	NS 21-24	Nej	1
	9	120	100%	NS 21-24	Ja	1
	10	120	100%	Urea	Nej	1

Emissionsfaktorer for lattergas:

I de ovenfor nævnte markforsøg er der målt og beregnet en lattergasemission. På baggrund af disse beregninger, er der for hver gødningsstrategi beregnet en emissionsfaktor for lattergas som et gennemsnit af emissionsfaktoren beregnet for hvert forsøg. Den gennemsnitlige emissionsfaktor er angivet i tabel 3:

2022

TABEL 3	Navn strategi	Gennemsnitlig EF 2022	Udbytte 2022	Gennemsnitlig EF 2023	Udbytte 2023
Vinterhvede	50% NH4	0,03	107	0,27	85,3
	50% NH4 + NI	0,03	107,2	0,21	87,1
	100% NH4 + NI	0,02	104,4	0,07	78,6
	Flydende	0,06	107,1	0,48	85,0
	50% NH4 4 tildelinger	0,04	109	0,29	86,5
Vårbyg	50% NH4	0,20	77,1	0,03	44,1
	50% NH4 + NI	0,07	77,6	0,01	43,6
	100% NH4	0,06	78,7	0,13	43,7
	100% NH4 + NI	0,04	77,4	0,03	43,5
	Urea	-	-	0,13	45,7

De beregnede emissionsfaktorer for 2022 er noget lavere end den emissionsfaktor IPCC angiver til klimaberegninger (1%) og desuden også noget lavere end den emissionsfaktor som for nyligt er udgivet for handelsgødning under danske forhold (Petersen et al. 2023) på 0,15%. Grunden til de lave emissionsfaktorer i 2022, og meget lave målinger af lattergas i markforsøgene, kan tilskrives et meget tørt forår, hvor forholdene for store lattergas emissioner ikke har været til stede. Også i 2023 er emissionsfaktorerne lavere end emissionsfaktoren opgivet af IPCC (2006), men understøtter fint resultaterne opnået i NATEF projektet (Petersen et al. 2023), hvor altså en emissionsfaktor for handelsgødning på 0,15% blev fundet.

Emissionskilder – beregninger

Ved produktionen af vinterhvede og vårbyg er der flere forskellige kilder til drivhusgasemissioner. Herunder er beskrevet hvilke emissionskilder der er medtaget i beregningerne.

Direkte emission af lattergas: Ved tilførsel af kvælstof på markerne i form af kvælstofgødning udledes lattergas, når kvælstof omdannes i de bakterielle processer nitrifikation og denitrifikation. I nitrifikationen omdannes NH_4^+ til NO_3^- under iltede forhold, mens NO_3^- omdannes til N_2 under iltfrie forhold ved denitrifikation. Begge processer udleder lattergas. I disse forsøg benyttes emissionsfaktoren beregnet på baggrund af aktuelle lattergasemissioner observeret i markforsøgene (Tabel 2).

Produktionen af kvælstofgødning: Der er emissioner forbundet med at producere kvælstofholdig handelsgødning. Når der gødes med en handelsgødning antages emissionen at være 3,8 kg $\text{CO}_2\text{e/kgN}$ for ammoniumnitratgødninger, mens der antages en værdi på 2,8 kg $\text{CO}_2\text{e/kgN}$ for svovlsur ammoniak.

Afgrøderest: Efter høst vil der stadig være afgrøderester tilbage i marken i form af rod, stub, evt. halm mm. Afgrøderesterne indeholder kvælstof, hvilket også giver anledning til en udledning af lattergas når kvælstoffet omdannes af bakterier i jorden. Lattergasemissionen fra afgrøderester er ligeledes en direkte emission fra markfladen, hvorfor der benyttes de emissionsfaktorer der er beregnet på baggrund af markforsøgene (tabel 2).

Udvaskning: Når kvælstof udvaskes, regnes også med at en del af den udvaskede kvælstof udledes som lattergas. I dette tilfælde er der regnet med et afgrøde specifikt standardtal for udvaskning i vinterhvede på 68 kgN/ha og i vårbyg på 59 kgN/ha. Emissionsfaktoren for lattergas fra udvaskning er 0,75%.

Ammoniakfordampning: Ved udbringning af kvælstofgødning er der en naturlig fordampning af ammoniak. En del af det fordampede kvælstof antages at blive udledt som lattergas. Lattergasemissionen forbundet med ammoniakfordampning beregnes som den tilførte mængde total N ganget med emissionsfaktoren for ammoniakfordampning på 0,05 kg $\text{NH}_3\text{-N/kgN}$.

Pesticider: Ved beregning af emissionen forbundet med produktionen af pesticider benyttes et afgrøde-specifikt standardtal på 6 kg $\text{CO}_2\text{e/ha}$ for vinterhvede og 1 kg $\text{CO}_2\text{e/ha}$ for vårbyg.

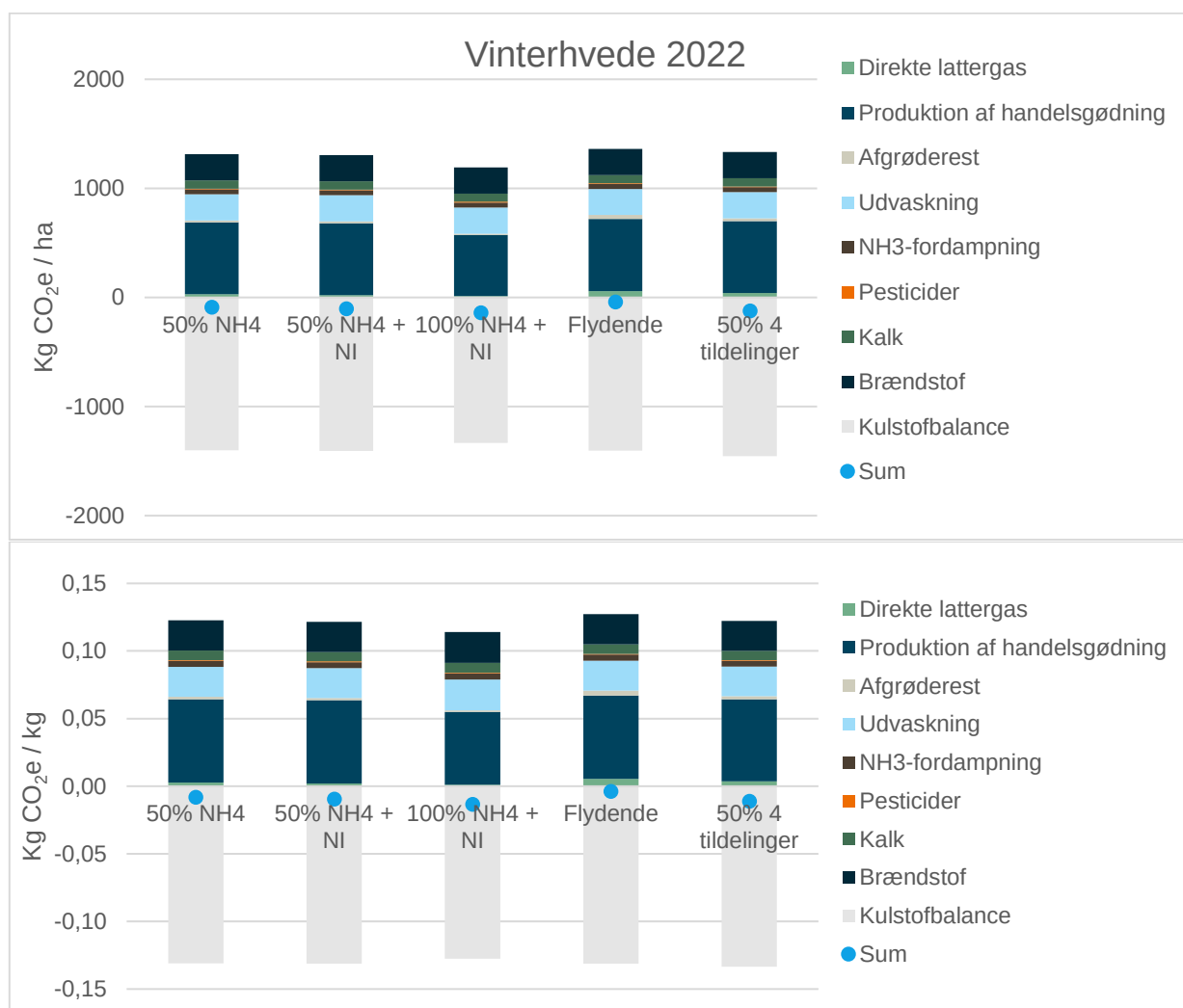
Kalk: Brugen af kalk er kilde til en emission af CO_2 , da kalk indeholder kulstof. Ved beregning af emissionen forbundet med kalkning benyttes et standardtal på 170 kg CaCO_3/ha hvilket giver en emission på 75 kg $\text{CO}_2\text{e/ha}$.

Brændstof: Ved afbrænding af brændstof til markoperationer udledes CO_2 . For beregning af klimaaftrykket fra brændstofforbruget benyttes et standardtal for dieselforbruget i vinterhvede på en JB 6 jord på 71 L/ha og 62 L/ha i vårbyg.

Kulstofbalance: Det der påvirker kulstofbalancen på marken ved dyrkning er brugen af organiske gødninger, udbyttet, og om halmen bjærges eller efterlades i marken. Jo større tilførsel af kulstof til jorden, jo større kulstoflagring og hermed positiv indvirkning på kulstofbalancen. I denne beregning er C-TOOL modellen benyttet til at beregne kulstofbalancen.

Klimaaftryk for gødningsstrategier – Vinterhvede

Beregnete klimaaftryk for de 5 beskrevne gødningsstrategier ses i figur 1 for 2022 og figur 2 for 2023:

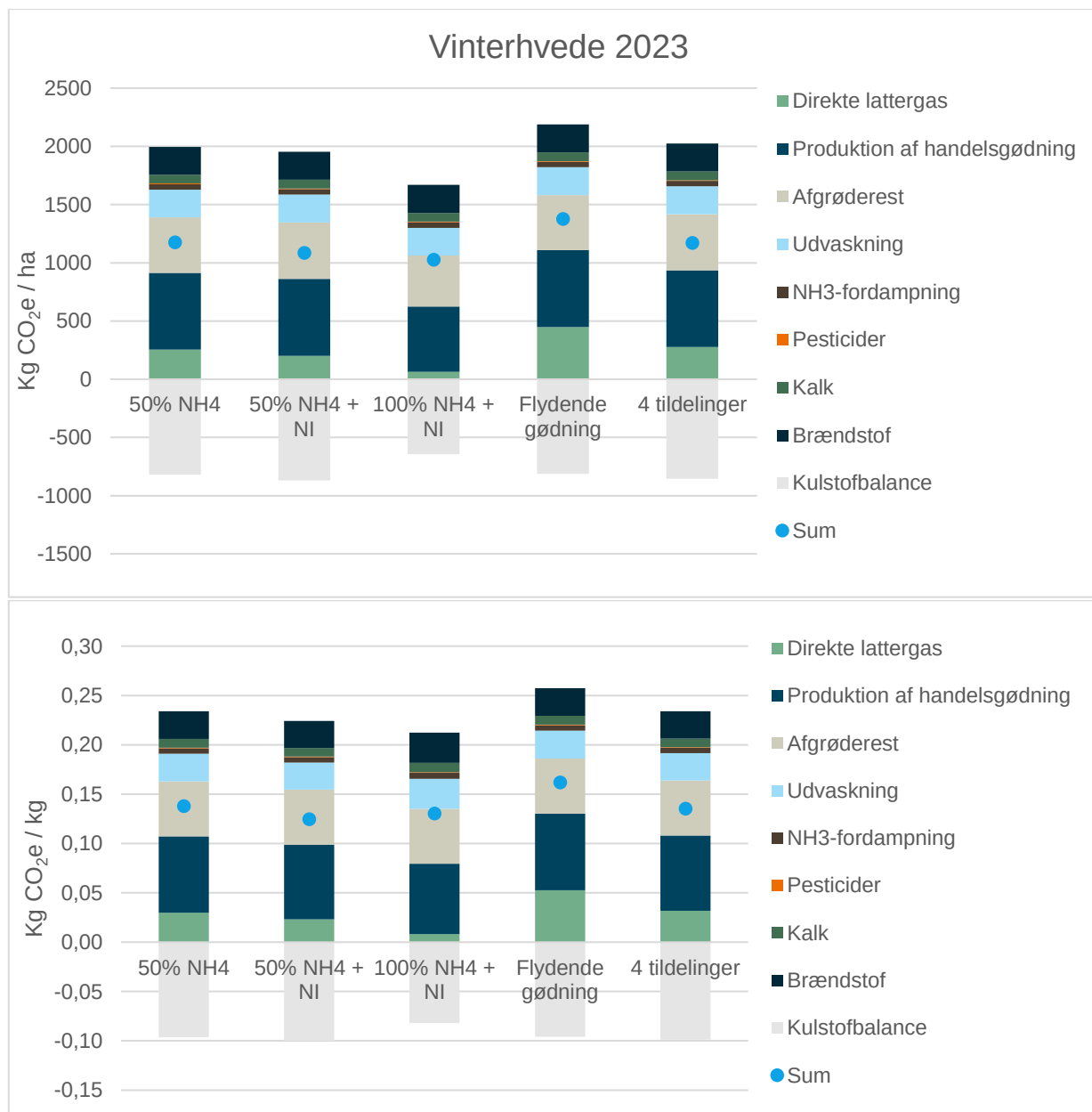


Figur 1. Beregnede klimaaftryk for produktionen af vinterhvede ved brug af 5 forskellige gødningsstrategier beskrevet i tabel 1. Øverst er klimaaftrykket beregnet pr ha. mens klimaaftrykket nederst er beregnet pr kg udbytte. Den blå prik repræsenterer det samlede klimaaftryk (summen af emissioner og kulstofbalancen).

Generelt var emissionerne af lattergas så lave i 2022 – at de nærmest var ikke eksisterende. Når klimaaftrykket for den samlede produktion af vinterhvede udregnes for 2022, så er resultatet negativt – altså beregningerne viser en produktion af hvede med et negativt klimaaftryk. Dette resultat forekommer dog kun i ekstremt tørre år, som det var i 2022, hvilket ikke giver os mulighed for at konkludere på baggrund af forsøgene i 2022.

For 2023 er lattergasemissionerne generelt større, hvilket også kommer til udtryk i de væsentligt højere emissionsfaktorer end i 2022. Den mest klimavenlige strategi, når vi ser på resultaterne fra 2023, er, når man ser på klimaaftrykket pr hektar, at benytte 100% ammonium med tilsat nitrifikationshæmmere. Her

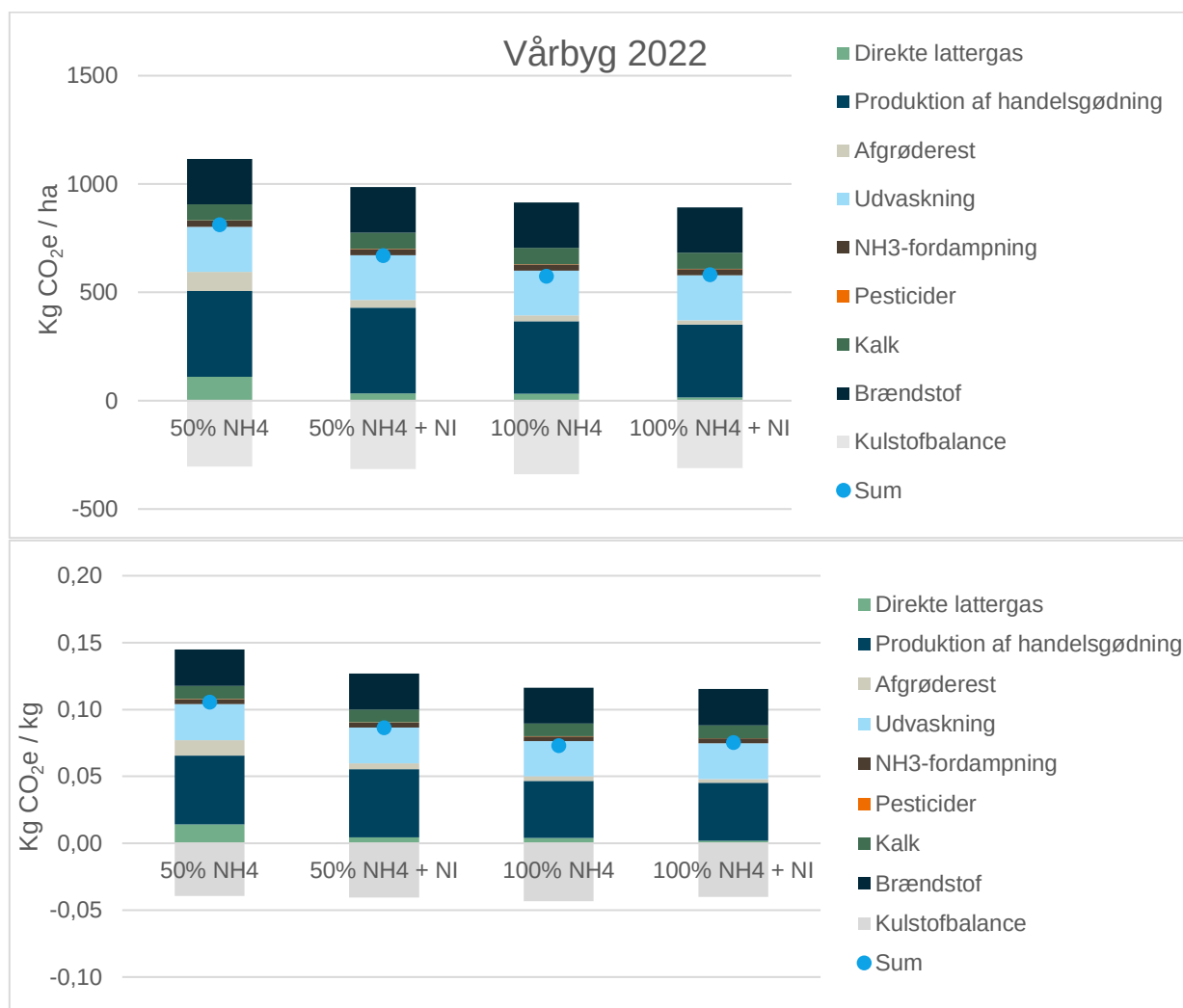
er den direkte lattergasemission forsvindende lille, hvilket har en stor betydning for det samlede klimaaftryk for produktionen af vinterhvede. Den strategi med det højeste klimaaftryk pr hektar, er at benytte flydende gødning. At splitte tildelingen af gødning i 4 tildelinger, ser ikke ud til at have en effekt i forhold til samme gødning med kun 3 tildelinger. Ser vi i stedet på klimaaftrykket pr kg vinterhvede, så er det i stedet 50% ammonium med tilsatte nitrifikationshæmmere, der har det laveste klimaaftryk. Dette skyldes et væsentligt lavere udbytte i vinterhveden ved at benytte en 100% ammoniumgødning. Strategien med det højeste klimaaftryk er stadig at benytte flydende gødning.



Figur 2. Beregnede klimaaftryk for produktionen af vinterhvede i 2023 ved brug af 5 forskellige gødningsstrategier beskrevet i tabel 2. Øverst er klimaaftrykket beregnet pr ha. mens klimaaftrykket nederst er beregnet pr kg udbytte. Den blå prik repræsenterer det samlede klimaaftryk (summen af emissioner og kulstofbalancen).

Klimaaftryk for gødningsstrategier – Vårbyg

Beregnete klimaaftryk for de beskrevne gødningsstrategier ses i figur 3 for 2022 og figur 4 for 2023:

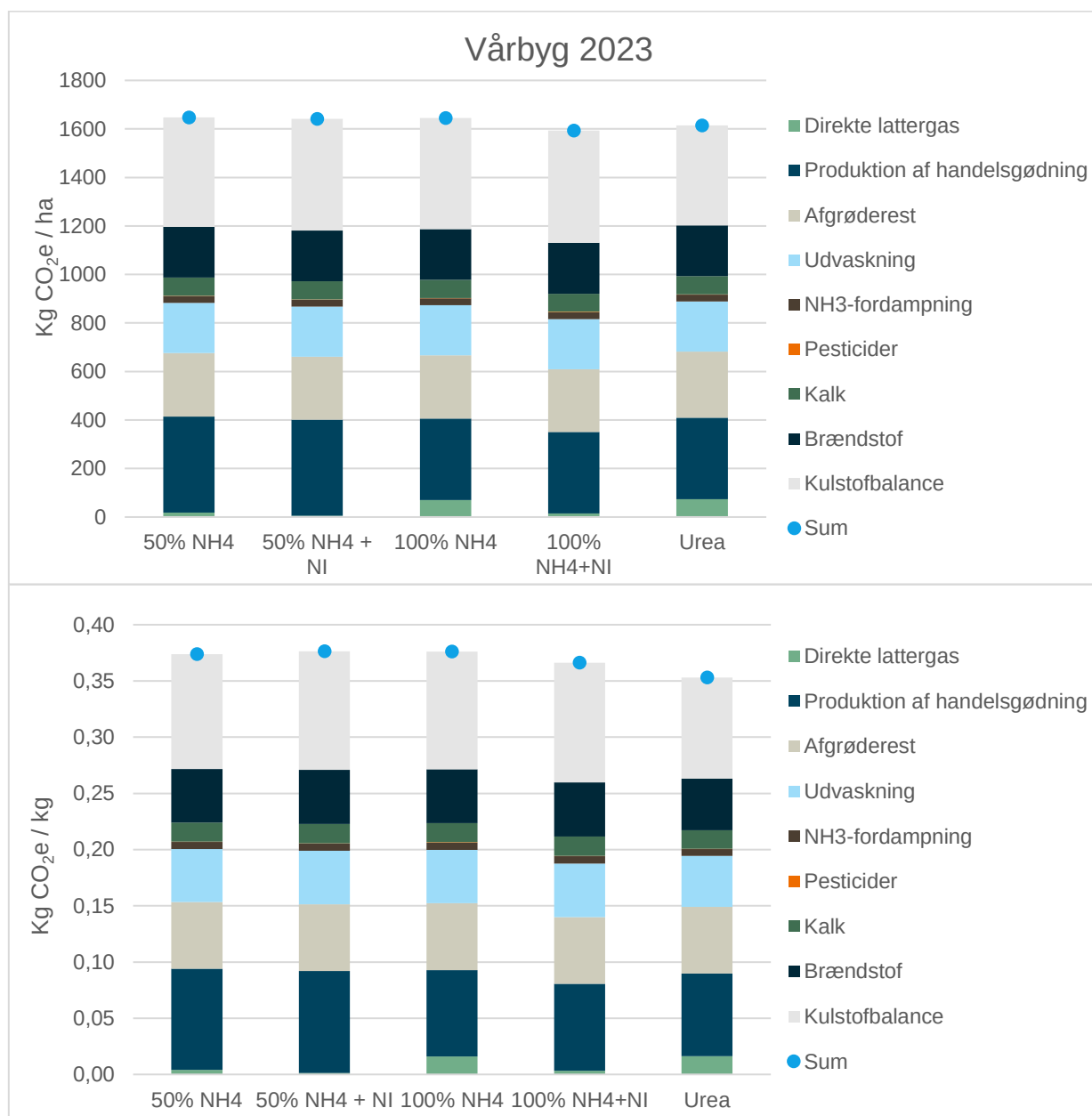


Figur 3. Beregnede klimaaftryk for produktionen af vårbyg ved brug af 4 forskellige gødningsstrategier beskrevet i tabel 1. Øverst er klimaaftrykket beregnet pr ha. mens klimaaftrykket nederst er beregnet pr kg udbytte. Den blå prik repræsenterer det samlede klimaaftryk (summen af emissioner og kulstofbalancen).

I vårbyg ses der i både 2022 og 2023 meget lave emissionsfaktorer, og dermed næsten ingen lattergas-emission. Den store forskel mellem forsøgene i 2022 og 2023 er udbytterne, som kommer til udtryk gennem kulstoflagringen. I 2022 var der forholdsvis høje udbytter, hvilket udmønter sig i et stort halmudbytte, og dermed en stor kulstoftilførsel til jorden. I 2023 var udbytterne meget lave pga. klimatiske udfordringer. Eget lave udbytter giver også et lavt halmudbytte, og dermed også en meget lav kulstoftilførsel til jorden. Kulstoftilførslen til jorden var i 2023 mindre end det gennemsnitlige kulstofinput til jorden, hvilket udmønter sig i en kulstoffrigivelse fra jorden, fremfor en kulstoflagring.

Ser vi på resultaterne fra 2022 er det strategierne med 100% ammonium der giver det laveste klimaaftryk, både når man ser på klimaaftrykket per hektar, men også klimaaftrykket pr kg. Det højeste klimaaftryk ses når der benyttes 50% ammonium uden brug af nitrifikationshæmmere.

I 2023 ses næsten det samme billede som i 2022 – strategien med det laveste klimaaftryk er 100% ammonium med brug af nitrifikationshæmmere, når klimaaftrykket beregnes pr hektar. Beregner vi i stedet klimaaftrykket pr kg vårbyg, er det strategien med benyttelse af urea der har det laveste klimaaftryk. Dette skyldes et højere udbytte i forsøgene hvor der er benyttet urea.



Figur 4. Beregnede klimaaftryk for produktionen af vårbyg ved brug af 4 forskellige gødningsstrategier beskrevet i tabel 1. Øverst er klimaaftrykket beregnet pr ha. mens klimaaftrykket nederst er beregnet pr kg udbytte. Den blå prik repræsenterer det samlede klimaaftryk (summen af emissioner og kulstofbalancen).

Konklusioner

På baggrund af 2 års forsøg, er der nu tendens til at strategier der involverer 100% ammoniumgødning med tilsatte nitrifikationshæmmere har det laveste klimaaftryk når man beregner det pr hektar. Dog viser denne strategi indimellem et lavere udbytte hvorfor klimaaftrykket ikke altid er det laveste når man ser på klimaaftrykket pr kg produkt.

De klimatiske forhold i de to år har været udfordrende, og langt fra normale. Flere års forsøg vil derfor være gavnlige for at underbygge konklusionerne fra disse forsøg.