



Bladgødsning af sukkerroer med kvælstof

Leaf application of N-fertiliser to sugar beets

RAPPORT MED FORSØGSDATA OG RESULTATTABELLER
REPORT WITH TRIAL DATA AND TABLES OF RESULT



Otto Nielsen
on@nbrf.nu
+45 23 61 70 57

Nordic Beet Research Foundation (Fond)
DK: Højbygårdvej 14, DK-4960 Holeby
SE: Borgeby Slottsväg 11, SE-237 91 Bjärred
Phone: +45 54 69 14 40

www.nordicbeet.nu

Bladgødsning af sukkerroer med kvælstof

Otto Nielsen, on@nbrf.nu

Konklusion (baseret på et forsøg i henholdsvis 2023 og 2024)

I begge år blev der opnået tilsvarende sukkerudbytter ved at erstatte 25% af den tildelte kvælstofmængde med kvælstof via bladgødsning. Der var dog tale om ikke-signifikante merudbytter for kvælstoftildeling i 2024 og der er derfor brug for flere forsøg, for generelt at kunne konkludere om kvælstofudnyttelsen ved bladgødsning.

I begge år blev yderligere en variant af bladgødning afprøvet. I begge tilfælde sås udbyttetab i forhold til en kvælstofstrategi baseret på 60 kg N per ha placeret + 2 x 10 kg N per ha via bladgødsning.

Supplerende forsøg i 2024 indikerer, at bladgødsning bør opstartes tidligere (maj-juni) end i ovennævnte forsøg (juni-juli).

I forsøget i 2024 indgik måling af lattergasemission. Der vil dog ikke blive draget nogen konklusioner før der foreligger flere forsøgsresultater fra kommende forsøg i 2025.

Conclusion (based on one trial in 2023 and 2024)

In both years similar sugar yields were obtained when 25% of the nitrogen was applied with leaf fertiliser. There was no significant effect of nitrogen fertilisers in 2024, and more trials are needed to generally conclude about N-effects using leaf applications.

In both years one additional variant of leaf applications was tested. In both cases, yield loss was observed compared to a strategy with 60 kg N per ha placed + 2 x 10 kg N per ha via leaf applications.

An additional trial in 2024 indicates that leaf applications must be initiated earlier (May-June) than in the above-mentioned trials (June-July).

In the trial in 2024, also emissions of nitrous oxide were measured. However, conclusions on this topic will not be made until further trials have been performed in 2025.

Formål

Formålet med forsøget var at sammenligne tildelingsteknikker af kvælstof til sukkerroer med henblik på, at opnå en større kvælstofeffektivitet og en forventet lavere risiko for lattergasemission gennem bladgødsning (lattergasmålinger indgår i forsøgsserien fra 2024).

Metode

Forsøgene var i 2023 og 2024 placeret på forsøgsarealer i nærheden af Holeby på Lolland. Kvælstofgødningen blev enten tildelt i form af placeret fast gødning ved såning (N34) eller via bladgødsning. Som bladgødning blev Flex Foliar, N 22 anvendt. Gødningen indeholder desuden 3% magnesium og for forsøget i 2024 kan det ikke afvises, at dele af en eventuel effekt kan skyldes magnesium. I forsøget i 2023 blev der kompenseret for manglende magnesium i startgødningen ved at udbringe magnesiumsulfat via bladgødsning (se *tabel 1* og NBR-rapport 305-2023).

Bladgødninger blev udbragt med rækkesprøjte med anvendelse af Even-spray-dyse (40-015-E) i et bånd over rækken på henholdsvis 20 cm (2024) og 25 cm (2023). Derved rammer gødningen primært planterne i stedet for jordoverfladen. Tankblandingen havde en N-koncentration på 0,07-0,08 kg per liter vand (ved tildeling af 10 kg N per ha) i henholdsvis 2024 og 2023 og derudover var der tilsat spredeklæbemiddel. Vand- og gødningsmængden i båndet var 2-2,5 gange ved de anvendte båndbredder.

Resultater og diskussion

Af hensyn til såvel miljø, klima og driftsøkonomi er det væsentligt at sikre at udbragt kvælstof i størst muligt omfang kan udnyttes af planterne og med mindst mulig risiko for tab i form

af udvaskning, fordampning eller lattergasdannelse. Bladgødskning med dele af den samlede kvælstofmængde kan teoretisk set være en forbedret metode, da større andele af gødningsmængden i så fald kan nå at blive optaget af planterne og dermed øge kvælstofudnyttelsen. Historiske forsøg med bladgødning har typisk vist for dårlig kvælstofudnyttelse og forringet saftkvalitet. Anvendelse af båndsprøjter og spredeklæbemiddel samt flere udbringningstider med mindre mængder kvælstof kan måske vise sig at være en forbedret løsning. Der er dog behov for mange flere undersøgelser for at kunne lave generelle og vidtrækkende konklusioner, men indtil videre ser de igangværende forsøg lovende ud.

I 2024 blev der lavet en supplerende undersøgelse, hvor roer fra 6-bladsstadiet blev tildelt N22-bladgødning tre gange i løbet af tre uger. Tildelingen skete på enkeltplanter med mikrosprøjtningssystem monteret på Farmdroids så- og lugerobot, hvorved kun ca. 10% af arealet blev behandlet. Resultatet viste at selv små N-mængder kan have en positiv effekt på tilvæksten, men også her er der brug for yderligere undersøgelser.

Lattergas fra kvælstofgødning

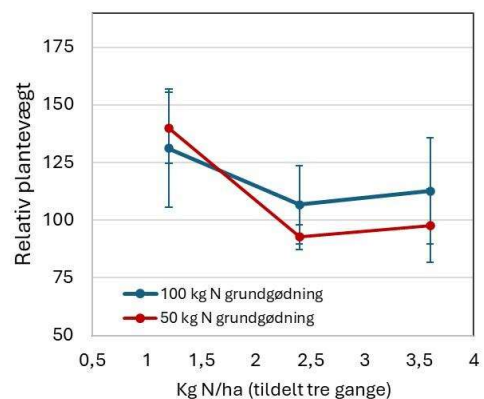
I forsøgene i 2024 blev der målt emission af lattergas i udvalgte forsøgsled for at undersøge betydningen af udbringningsmetode. Der var generelt et lavt niveau af lattergas, men resultaterne kræver nærmere analyse samt opfølgende undersøgelser.

Tabel 1. Udbytte og kvalitet for sukkerroer ved øget tildeling af placeret kvælstof ved såning samt ved bladgødskning af dele af den samlede kvælstofmængde (N22*).

År	Behandling	Rene roer			
		Renhed t/ha	Renhed %	Pol %	Sukker t/ha
2023	N34 / 0 kg N/ha	83,5	90	18,3	15,3
	N34 / 40 kg N/ha	95,9	91	18,0	17,3
	N34 / 80 kg N/ha	102,8	91	17,5	18,0
	N34 / 120 kg N/ha	103,6	92	17,2	17,8
	N34 + N22-blad / 60 + 2 x 10 kg N/ha	103,1	92	17,7	18,3
	N34 + N22-blad / 40 + 4 x 10 kg N/ha	100,0	92	17,8	17,8
	LSD	2,7	ns	0,3	0,5
2024	N34 / 0 kg N/ha	76,0	93	18,4	14,0
	N34 / 40 kg N/ha	79,4	93	18,2	14,5
	N34 / 80 kg N/ha	80,1	93	18,1	14,5
	N34 / 120 kg N/ha	81,3	93	17,7	14,4
	N34 + N22-blad / 60 + 2 x 10 kg N/ha	80,0	93	18,1	14,4
	N34 + N22-blad / 60 + 2 x 5 kg N/ha	77,4	93	18,2	14,1
	LSD	3,2	ns	0,3	ns

*Som bladgødning blev anvendt Flex Foliar, N 22, 3Mg henholdsvis 20. juni, 28. juni, 10. juli og 14. juli 2023 samt 9. juli og 24. juli i 2024.

I forsøget i 2023 blev eventuel effekt af magnesium elimineret (se NBR-rapport 305-2023).



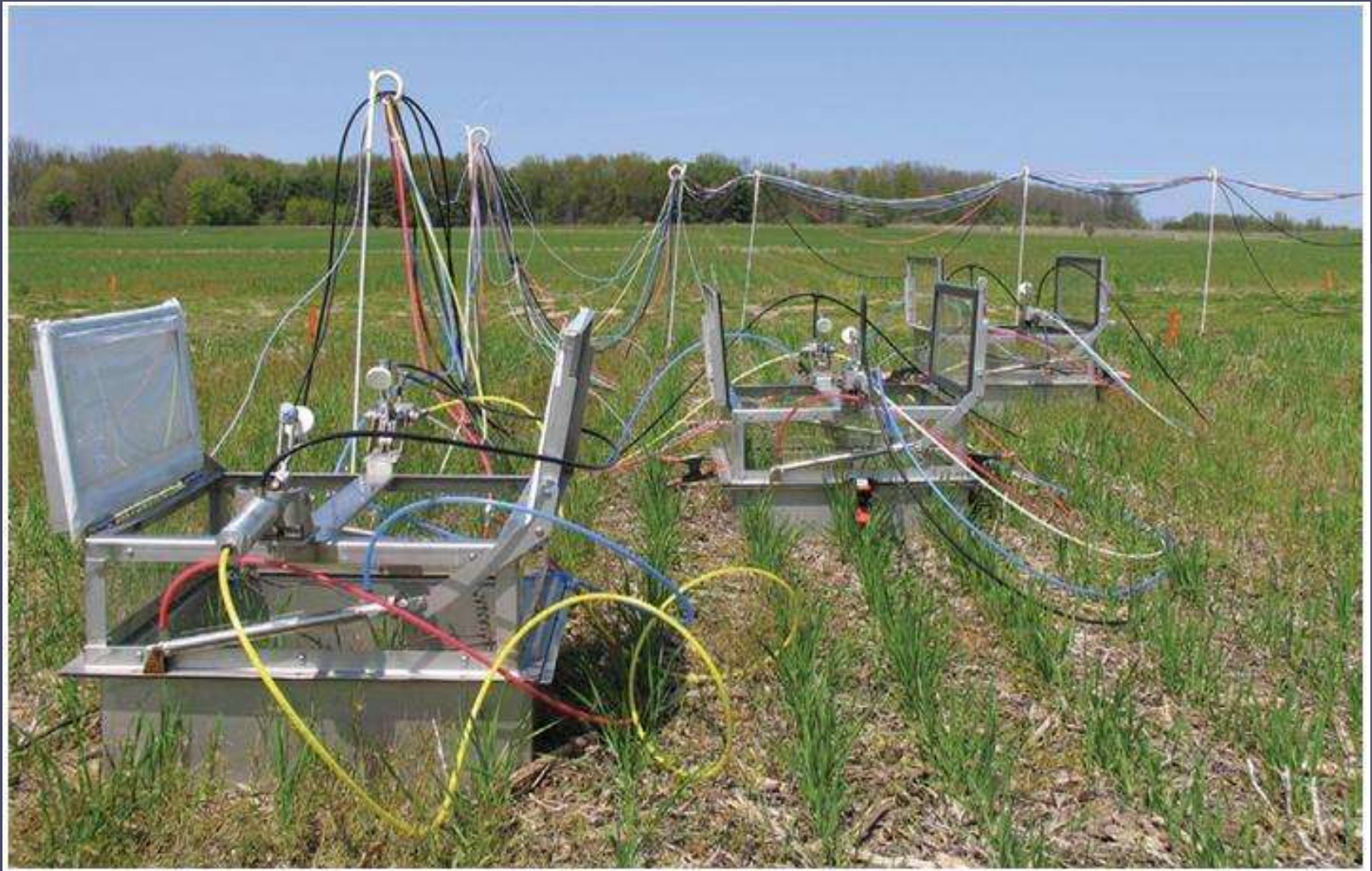
Figur 1. Plantevægte medio juni efter forudgående tildeling af N22-bladgødning. Faldet i tilvækst med stigende N-tildeling skyldes formodentligt at N-koncentrationen var for høj for planterne, hvilket undersøges nærmere i 2025.



Inspirationsdag 2025

Lattergas og klimaaftryk fra sukkerroer

Otto Nielsen, Nordic Beet Research
on@nbrf.nu / 23 61 70 57

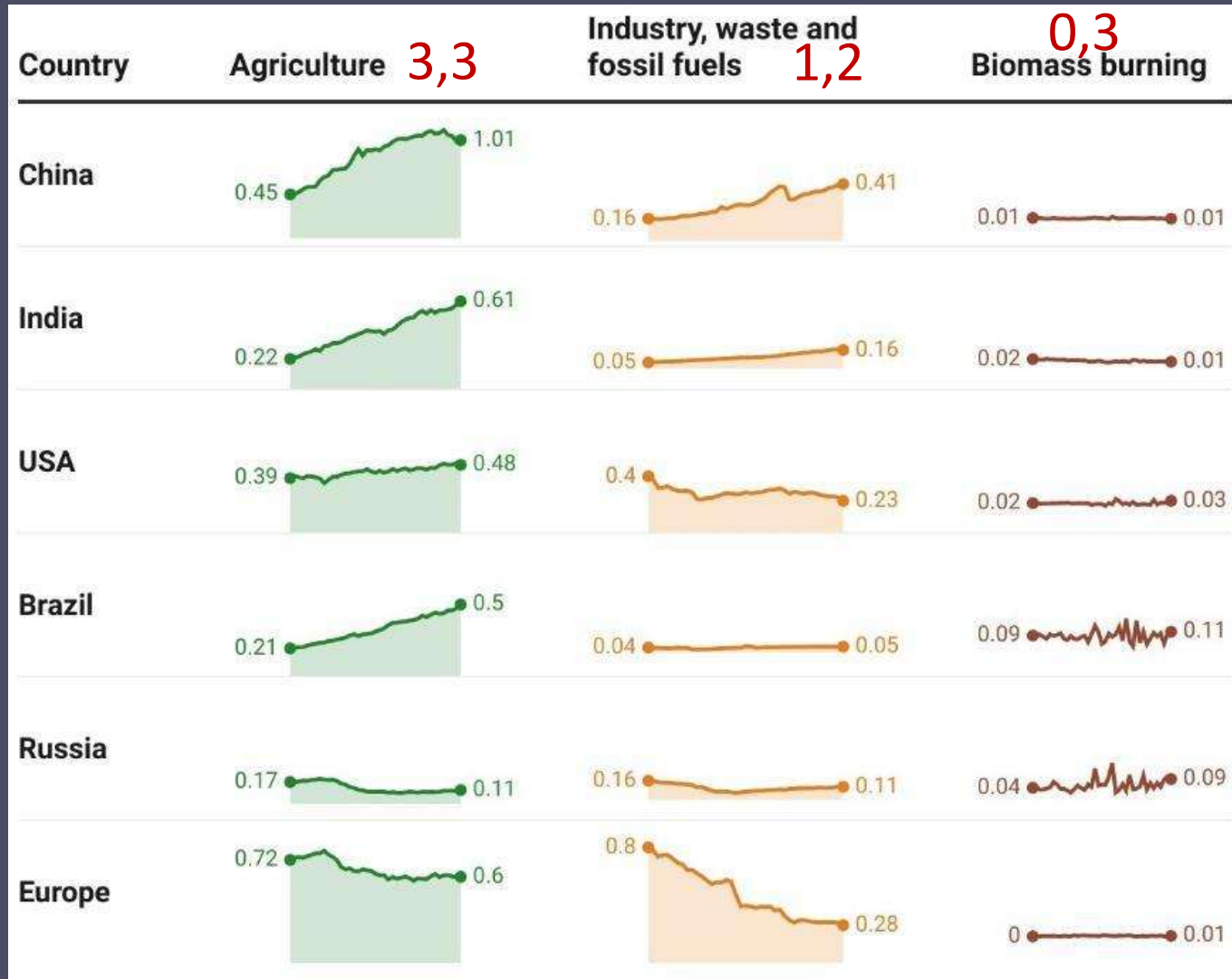




Tabel 3. Årlig global lattergas (N_2O) balance for perioden 2013-2022 (Mt N_2O -N/år) (Tian et al., 2024).

Bidrag til balance	Kilde	Mt N_2O -N/år
Udledninger	Fossil energi	1,1
	Landbrug og affaldshåndtering	3,9
	Afbrænding af biomasse	0,8
	Kvælstofdeposition	1,1
	Klima og arealanvendelse feedback	0,6
	Naturlige økosystemer	7,1
	Oceaner	4,7
Optag	Nedbrydning i atmosfæren	13,4
Ændring	Stigning i atmosfærens N_2O	4,6

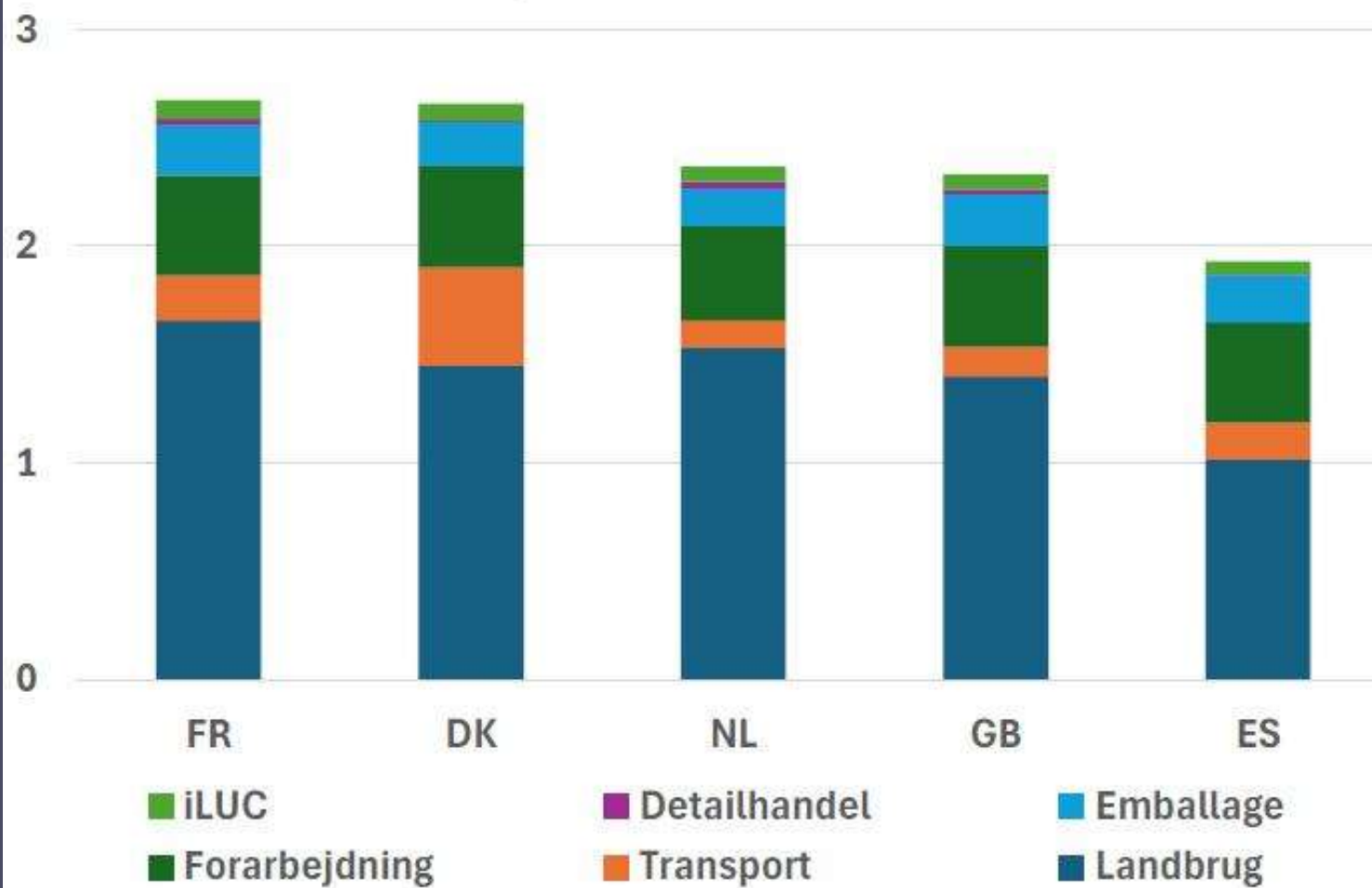
Lattergasemissioner 1980-2020 (mill. ton)

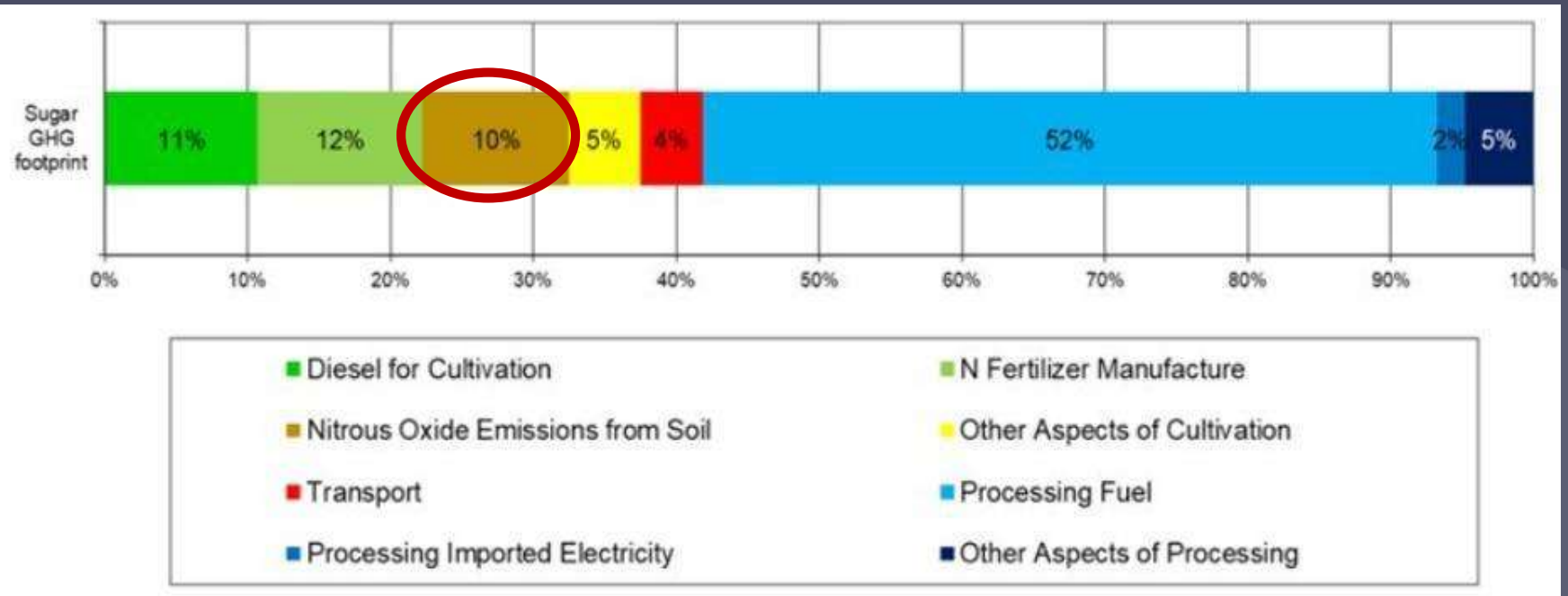


	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
CH ₄ , kt CO ₂ eqv.	6 936	7 375	7 340	7 398	7 339	7 273	7 278	7 312	7 059
N ₂ O, kt CO ₂ eqv.	6 281	5 569	5 074	4 749	4 529	4 516	4 556	4 206	4 196
CO ₂ , kt CO ₂ eqv.	613	534	268	222	156	176	254	267	268
Total, kt CO ₂ eqv.	13 831	13 478	12 682	12 369	12 024	11 965	12 089	11 785	11 523

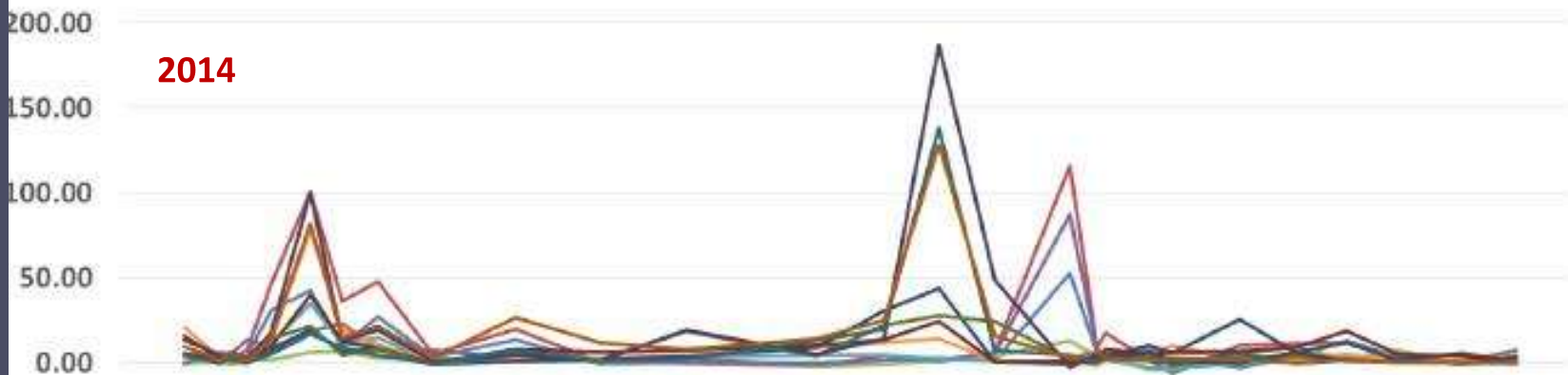
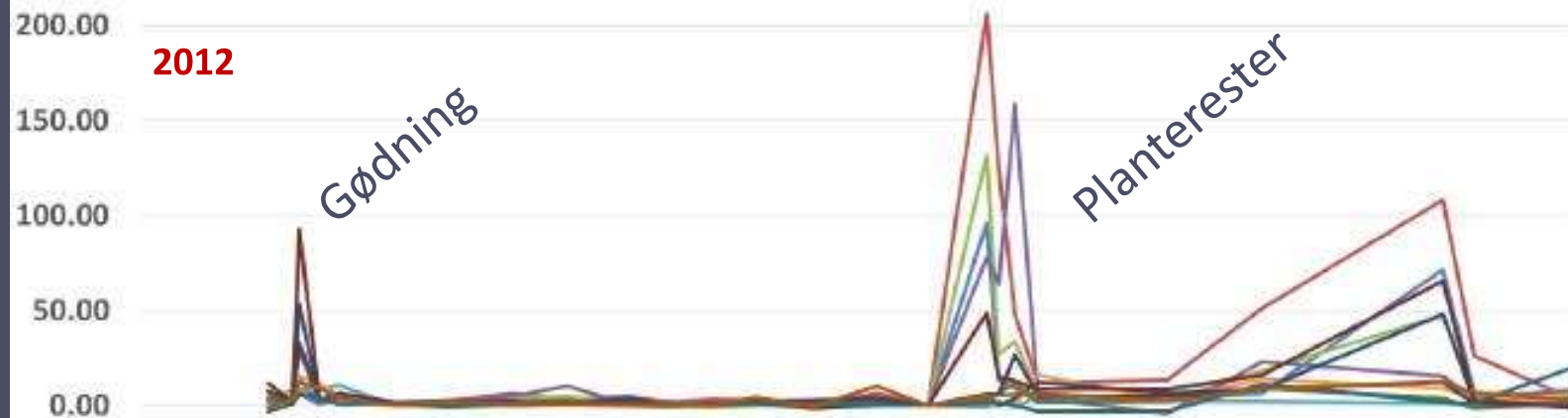
Drivhusgas-emissioner fra landbrugssektoren i Danmark 1990-2022. Kilde: Denmark's National Inventory Document 2024 (DCE-rapport 622, tabel 5.1 side 424).

Klimaaftryk (kg CO₂-ækvivalenter / kg sukker)



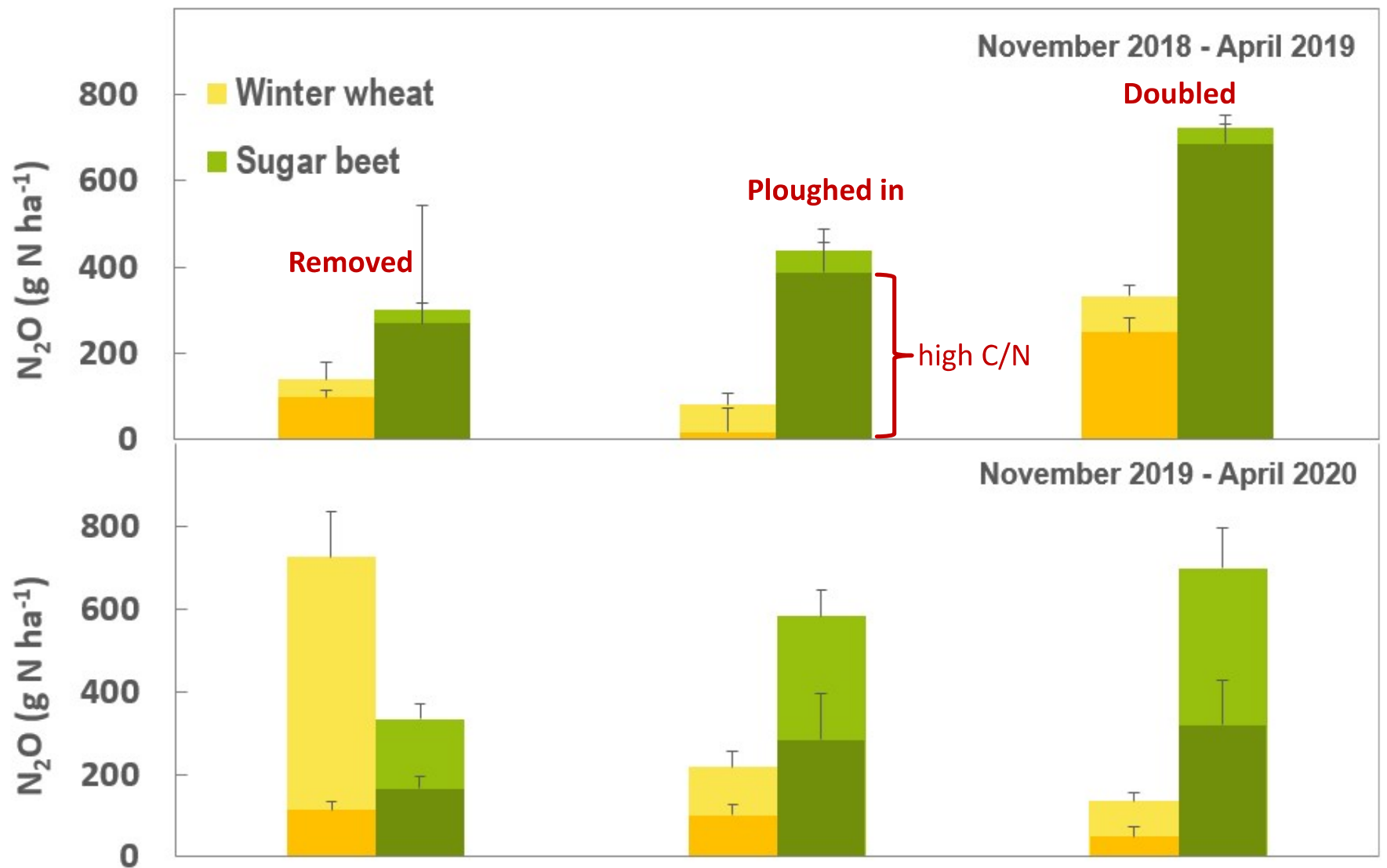


MAY JUNE JULY SEPT. OCT. NOV. DEC. JAN. FEB. MAR. APRIL

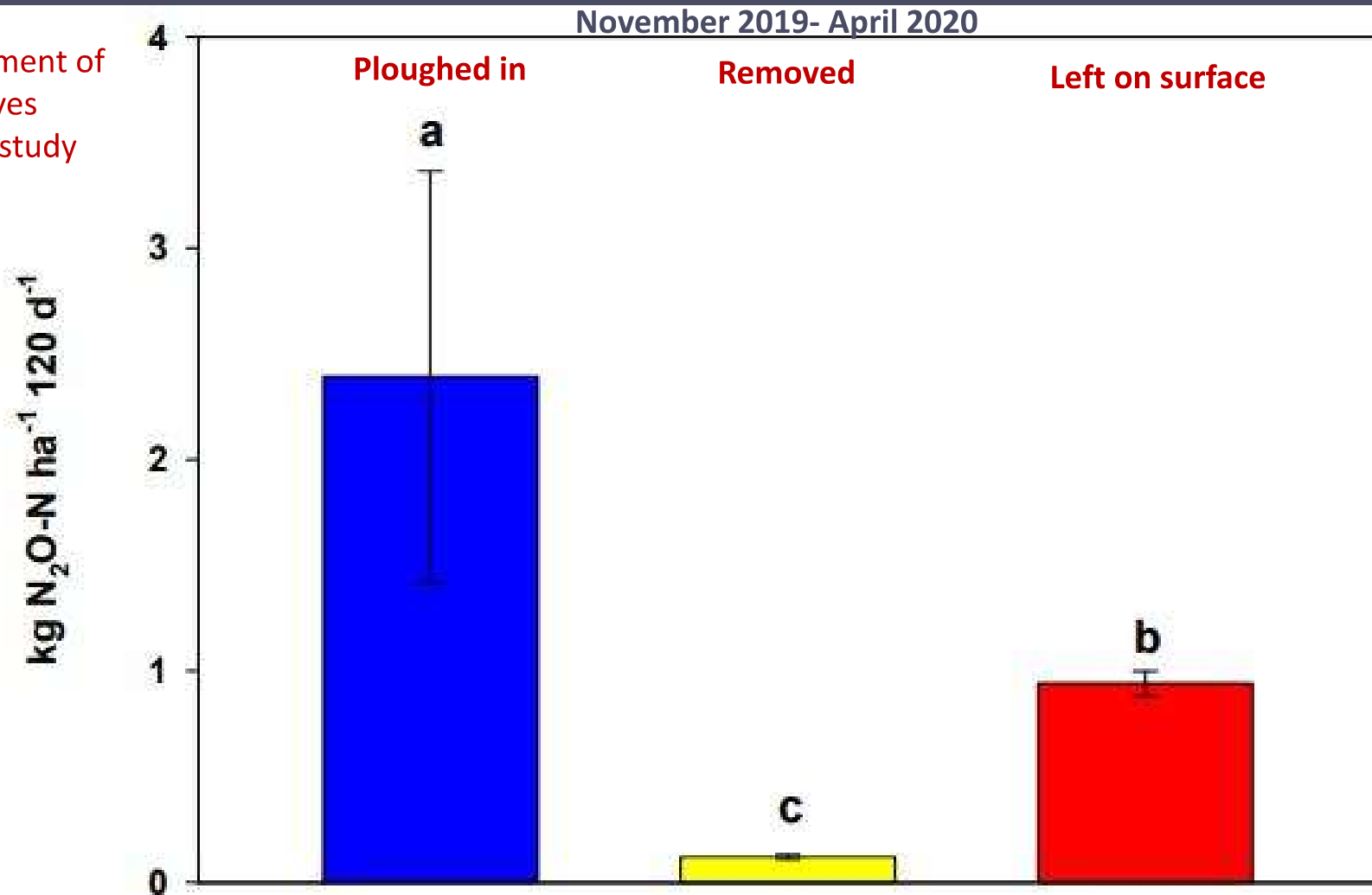


Kilde:
Ernfors & Jensen 2016
(Poster, SLU)

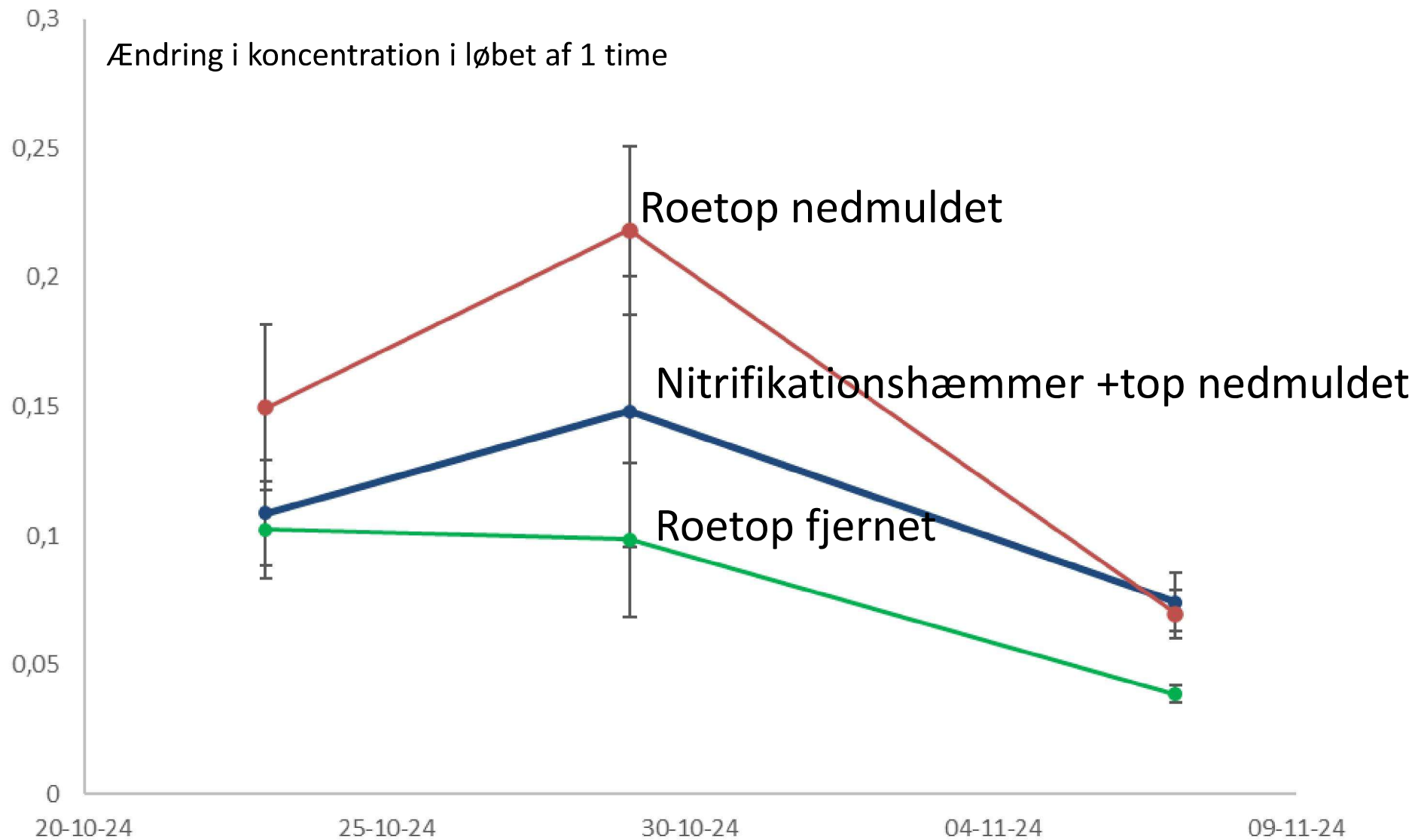
Management of
beet leaves
Nov.-April.
Swedish study

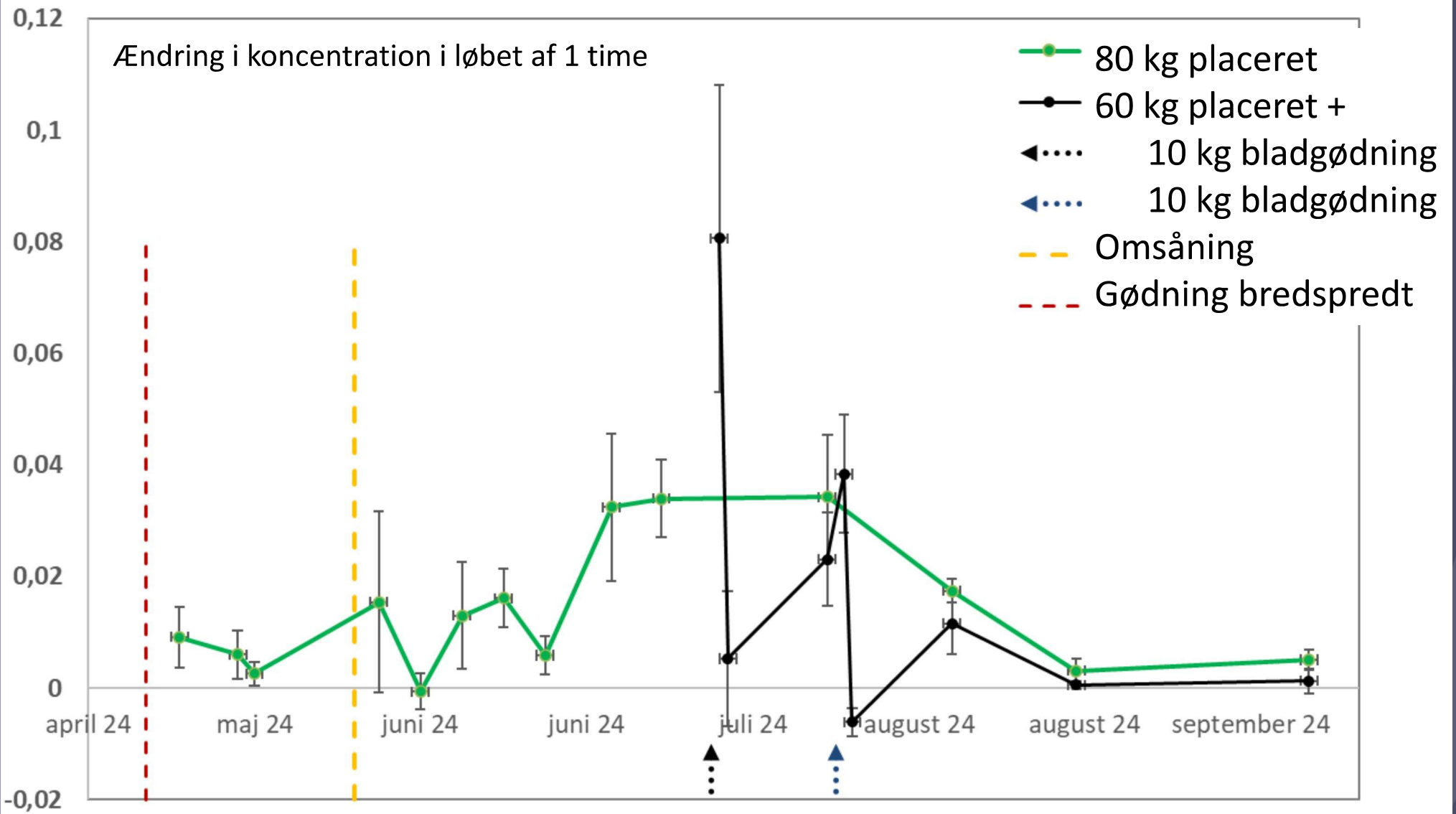


Management of
beet leaves
German study

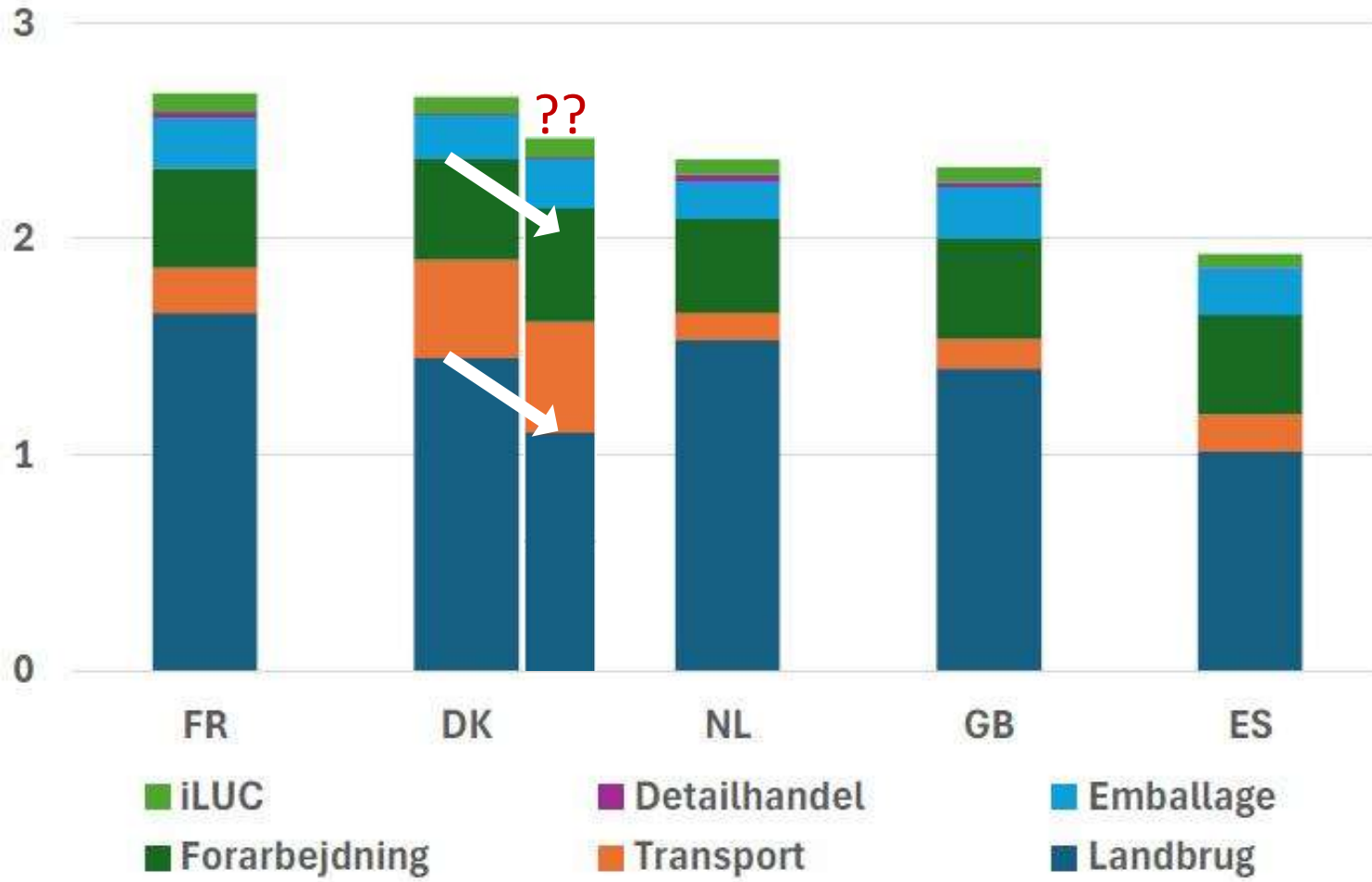


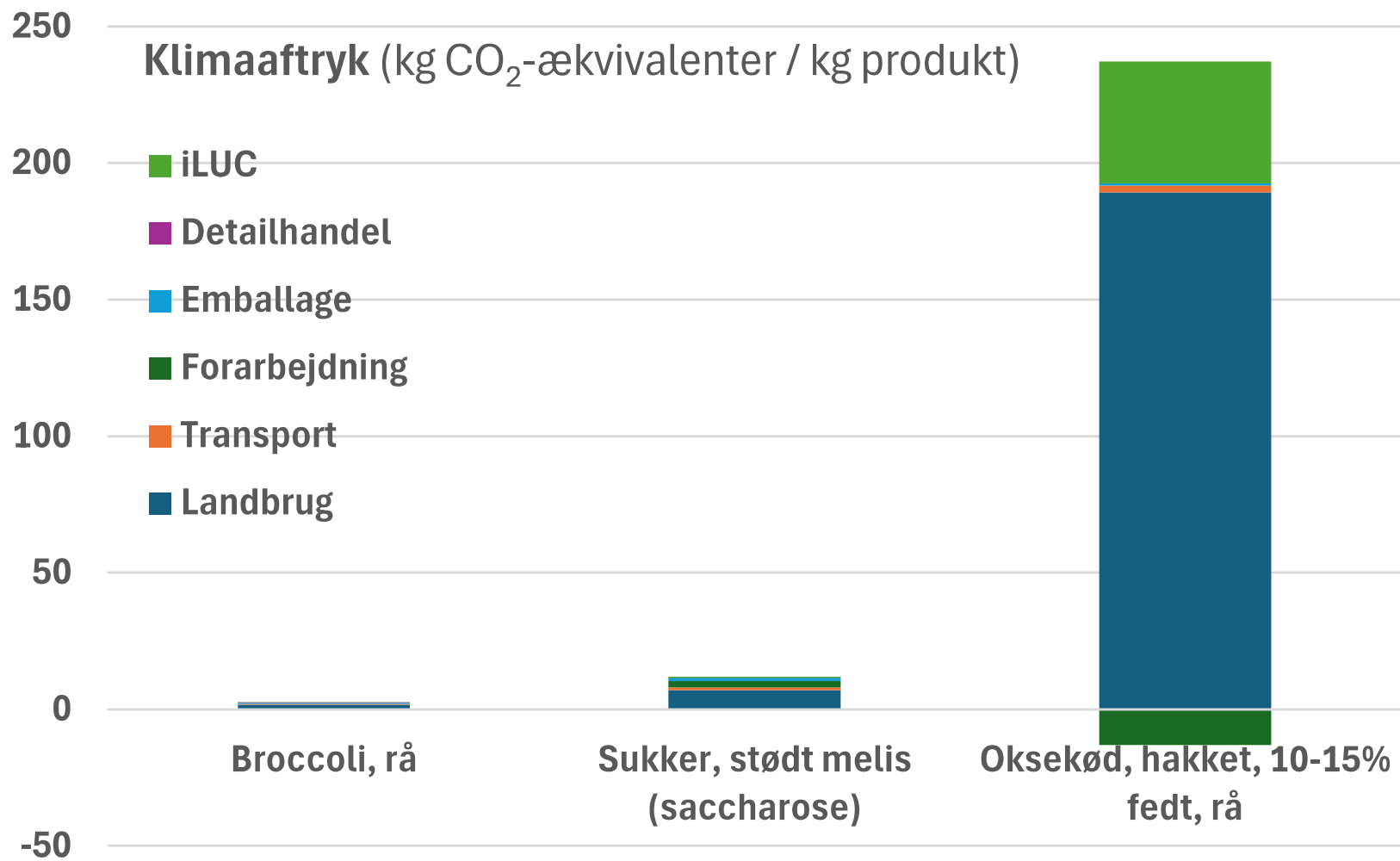
Ændring i koncentration i løbet af 1 time





Klimaaftryk (kg CO₂-ækvivalenter / kg sukker)





Klimanøgletal i roedyrkingen



Projektleder
Otto Nielsen
NBR Nordic
Beet Research

Udover energiforbrug bidrager især udledning af lattergas fra landbrugsjord til klimabelastningen fra plantedyrking. I denne artikel præsenteres diverse nøgletal for landbrugets klimabelastning med fokus på plantedyrking samt NBR's igangværende undersøgelser, der retter sig mod at kvantificere og om muligt reducere lattergasemissionen.

Det store overblik

I klimadebatten flourer et overvældende omfang af diverse nøgletal, som i relative og absolutte værdier forsøger at dokumentere klimagasudledninger samt muligheden for at reducere klimabelastningen ved hjælp af diverse virkemidler. Fra politisk side er der fastsat reduktionsmål for drivhusga-

semmissionerne og i officielle rapporter kan man se, hvordan det går f.eks. for landbruget (*tabel 1*). Opgørelser af drivhusgasemissioner i rapporterne er primært baseret på modelberegninger som f.eks. lattergas fra udbragt gødning, hvor det antages, at 1 % af al kvælstof omdannes til lattergas. Modelberegningerne vil løbende blive forbedret, efterhånden som vi får mere præcis og nuanceret viden om de faktiske udledninger ved forskellige produktionsformer.

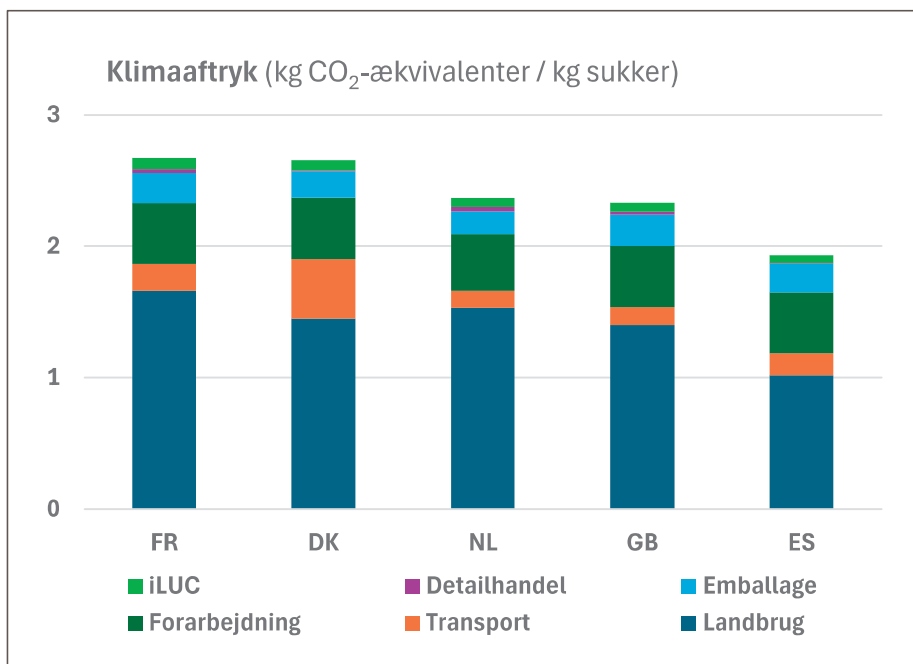
Af *tabel 1* fremgår det at metan (CH₄) og lattergas (N₂O) er de største bidragsydere til den totale drivhusgasemission fra landbruget, og tallene fremkommer ved at tage udgangspunkt i blandt andet antallet af husdyr og forbrug af organiske og mineralske gødninger. Kuldioxid (CO₂) udgør procentisk en lille del, hvilket primært skyldes, at metan og lattergas har meget lange levetider i atmosfæren, og deres opvarmningspotentiale er derfor henholdsvis 28 og 265 gange større end kuldioxid (såkaldte kuldi-oxid-ækvivalenter (CO₂-eqv.)).

Klimaeffektiv produktion

Det er veldokumenteret, at vegetabiliske produkter, som for eksempel sukker, generelt er meget mindre klimabelastende end animalske produkter. I disse beregninger angiver man oftest klimabelastningen i form af kg CO₂-ækvivalenter per kg produkt, hvilket giver mulighed for at vurdere, hvor klimaeffektiv det enkelte produkt er. Tænk tanken Concito har sammenstillet klimabelastningen på denne måde for over 500 forskellige fødevarer og herunder for sukker produceret i fem forskellige europæiske lande (*figur 1*). Beregningsmetoderne kan diskuteres, og det er muligt at finde andre værdier fra andre kilder, som for eksempel databasen CarbonCloud. Det må forventes, at nøgletallene i stigende grad vil få betydning for eventuel politisk regulering af produktionsmetode samt forbrugernes valg af produkt. Det bliver derfor nødvendigt med et regelsæt til at sikre, at opgørelserne er retvisende og harmoniserede, hvilket betyder et øget pres på producenterne til at kunne dokumentere klimaeffektivitet.

Tabel 1. Drivhusgasemissioner fra landbrugssektoren i Danmark 1990-2022. Kilde: Danmarks National Inventory Document 2024 (DCE-rapport 622, tabel 5.1 side 424).

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
CH ₄ , kt CO ₂ eqv.	6.936	7.375	7.340	7.398	7.339	7.273	7.278	7.312	7.059
N ₂ O, kt CO ₂ eqv.	6.281	5.569	5.074	4.749	4.529	4.516	4.556	4.206	4.196
CO ₂ , kt CO ₂ eqv.	613	534	268	222	156	176	254	267	268
Total, kt CO ₂ eqv.	13.831	13.478	12.682	12.369	12.024	11.965	12.089	11.785	11.523



Figur 1. Klimaaftryk for produktion af et kg sukker i fem europæiske lande ifølge Concito (Kilde: The Big Climate Database v.1.2). For yderligere forklaring af beregningsmetoder og diskussion heraf henvises til Concito's "Methodology Report".

Korrekte nøgletal

I Danmark arbejder blandt andet SEGES og NBR med at finde agronomiske metoder til at reducere klimabelastningen fra plantedyrkning og dermed også dokumentere mere præcist, hvor store udledningerne af klimagasser er. Ved dyrkning af sukkerroer er det primært i relation til kvælstofgødskning og nedmuldning af roetop, at der er en risiko for emission af lattergas, og NBR har derfor indledt undersøgelser netop indenfor disse to områder, hvilket beskrives nærmere nedenfor. Uanset kilden til lattergas er det nødvendigt med gentagne målinger over lange tidsintervaller for præcist at kunne estimere den samlede lattergasemission fra en given dyrkningsmetode. Lattergasemissionen er typisk på et lavt niveau, men

BEDRE TRÆKKRAFT ALTID



VREDESTEIN
TYRES

For mere information kontakt
produktspecialist
Knud Blomgreen +45 2030 3408



Foto 1. Måling af lattergas i kvælstofgødskningsforsøg hos NBR i 2024.

under givne forhold kan der opstå høje emissioner indenfor korte tidsintervaller. Hos NBR anvender vi kamre til at estimere emission af lattergas (foto 1). Disse placeres kortvarigt (typisk 60 minutter) i en ramme, der er sat ned i jorden, hvorefter lattergasemissionen kan kvantificeres ved at måle ændringen af lattergaskoncentration i løbet af måleperioden. Koncentrationen af lattergas bestemmes ved at udtage små luftprøver, som analyseres ved hjælp af gaskromatografi. NBR har dog netop investeret i en laser-baseret gasmåler, hvor man direkte kan aflæse koncentrationen i kammeret.

Lattergas fra kvælstofgødskning

I de nationale emissionsopgørelser (tabel 1) antages det, at 1 % af tilført kvælstof omdannes til lattergas. Dette betegnes som emissionsfaktoren for kvælstofgødning. Der vil dog være stor variation i praksis, og i en ny dansk undersøgelse¹ fra Aarhus Universitet var emissionsfaktoren f.eks. langt større

for husdyrgødning end for mineralsk gødning. Formuleringen af gødningen har også en vis betydning, og der findes tabelværdier for disse. I forsøgene hos NBR sammenligner vi sukkerudbytter og lattergasemission ved forskellige udbringningsmetoder. Specielt er vi interesseret i at sammenligne bredspredt og placeret kvælstof, da kvælstofudnyttelsen generelt er højere for placeret kvælstof. I 2024 samt i kommende år vil vi sammenligne lattergasemissionen fra disse metoder for at finde ud af hvilke metoder, der er mest klimaeffektive. Desuden har vi behandlinger, hvor dele af kvælstofgødningen tildeles som bladgødning for at reducere risikoen for lattergasdannelse ved nedbringning i jorden. Resultaterne er indtil videre for sparsomme til at kunne drage nogen konklusioner, så det vender vi tilbage med senere.

Lattergas fra nedmuldning af roetop

Afgrøderester indeholder en vis mængde kvælstof og kan derfor også være en

kilde til lattergas på samme måde som gødning. Mængden af roetop varierer meget fra år til år, og forholdene omkring nedmuldning kan også være ret så forskellige, da roerne høstes over en periode på mange uger. Der foreligger nogle enkelte studier på området, blandt andet et tysk studie med relativ høj emission og et svensk studie, hvor emissionen var omkring en femtedel af emissionen i det tyske studie. For at få en bedre viden om risikoen for emissioner, har NBR indledt en forsøgsserie, hvor effekten af at fjerne roetoppen eller nedmulde den i kombinationen med en nitrifikationshæmmer undersøges. Både det tyske, det svenske og de foreløbige resultater fra NBR-forsøgene viser, at fjernelse af roetop reducerer lattergasdannelsen. Fjernelse af roetop medfører ekstra transport af biomasse ud af marken, og vi laver derfor supplerende undersøgelser for at kvantificere effekten af dette. Det drejer sig om ekstra energiforbrug til jordbearbejdning som følge af mere sammenpakket jord samt udbytte i den efterfølgende afgrøde. Desuden kvantificerer vi hvor store mængder næringsstoffer, der fjernes med roetoppen. Alt i alt indsamler vi dermed en række vigtige nøgletal for at kunne beslutte hvilke tiltag, der bedst tilgodeser både driftsøkonomi og klima. ■

¹ Higher N₂O emissions from organic compared to synthetic N fertilisers on sandy soils in a cool temperate climate. Petesen et al., 2023. Agriculture, Ecosystems & Environment nr. 358.