

Sammenligning af klimaaftryk fra dyrkning af økologisk vårbyg og økologiske grøntsager

Forfatter:

Andreas Jensen, Seniorkonsulent, Center for Klima & Bæredygtighed, SEGES Innovation P/S

Fonden for **økologisk landbrug**

Formål

Formålet med det nærværende notat er at sammenligne klimabelastningen ved at dyrke økologisk vårbyg og ved at dyrke økologiske grøntsager. Sammenligningen skal være med til at belyse de forventede effekter for klimaudledningen fra økologisk landbrug, hvis der dyrkes flere grøntsager direkte til humant konsum i stedet for foderafgrøder til dyrehold.

Baggrund

Aktivitets- og inputdata

Der er taget udgangspunkt i økologisk vårbyg som beskrevet i dyrkningsvejledningen udgivet af Innovationscenter for Økologisk Landbrug (Innovationscenter for Økologisk Landbrug, 2023), og det forudsættes at halmen bjærges. Til beregning af såsædsmængde for vårbyg er der antaget 350 planter pr. m², en markspiringsprocent på 80% og en tusindkornsvægt på 50 g. Plantetal for grøntsager baserer sig på tilgængelige dyrkningsvejledninger udgivet af HortiAdvice A/S, kombineret med ekspertvurderinger for dyrkningspraksis. For icebergssalat er der antaget 55.000 småplanter pr. hektar, for spidskål er der antaget 40.000 planter pr. hektar, og for planteløg er der antaget 100.000 pletter pr. hektar. Den tildelte gødningsmængde for grøntsagsafgrøderne baseres dels på indsamlet dyrkningsdata fra Mark-Online, og dels baseret på ekspertviden om aktuelle dyrkningsforhold.

Brændstofforbrug er beregnet ud fra typetal for forskellige markoperationer, kombineret med antallet af nødvendige markoperationer for dyrkningen (se Bilag 1). Mængden af kalk er baseret på den årlige statistik for handel af kalk i Danmark, og antaget fordelt ligeligt på al landbrugsjord. For salat og kål gælder, at der dyrkes to hold afgrøder pr. år, og derfor er kun halvdelen af den årligt udbragte kalk tilskrevet hvert hold.

Tabel 1. Input-output tabel som beskriver nødvendige input for dyrkning af de fire afgrøder.

	Icebergsalat	Spidskål, tidlige	Gule planteløg	Vårbyg
Plantemateriale Antal eller kg. pr. hektar	55.000 potter	40.000 potter	100.000 potter	219 kg
Gødningsmængde Kg total-N pr. hektar	170 kg N	200 kg N	140 kg N	111 kg N
Brændstofforbrug L diesel. Pr. hektar	247 L	266 L	373 L	95 L
Vanding mm	180 mm	110 mm	200 mm	0
Kalk Kg CaCO ₃ pr. hektar	109 kg	109 kg	218 kg	218 kg
Udbytte Kg pr. hektar	15.000 kg	20.000 kg	36.000 kg	4000 kg
Hovedvægt kg pr. stk.	0,5 kg	0,8 kg		
Skæreprøcent	55%	63%		

Beregning af klimagasudledninger og produktionsaftryk af input

Klimaaftrykket fra dyrkningen er vurderet for én hektar af hver afgrøde som indgår i sammenligningen. Beregningerne afgrænses til at inkludere klimaudledninger indtil høst i marken, og dermed opgøre udledning fra marken og fra produktion af de nødvendige input til at opnå en succesfuld afgrøde.

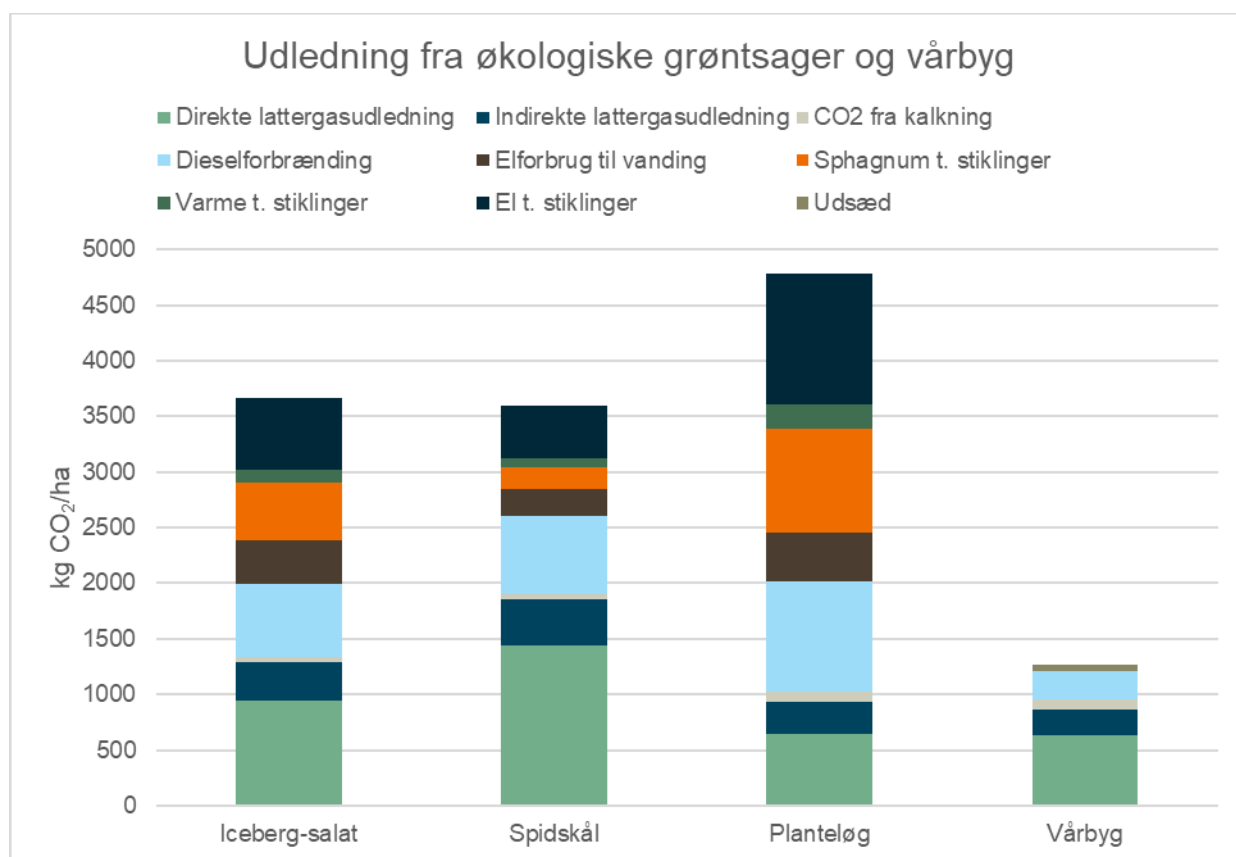
Lattergas fra kvælstofkilder er beregnet efter IPCC 2019-retningslinjerne for den nationale afrapportering (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019). Der er benyttet en aggregeret emissionsfaktor for lattergas på 0,01 kg N₂O-N/kg N i marken. Der er ikke medtaget kvælstofbidrag fra jordpuljeforandringer, da denne forudsættes uændret, og det antages også at alle afgrøder dyrkes på mineraljord. Mængden af lattergas fra afgrøderester er beregnet ved først at beregne mængden af tørstof i afgrøderester pr. hektar vha. C-tool-modellen (Taghizadeh-Toosi et al., 2014), og mængden af N er bestemt ud fra litteratur om N-koncentrationer i afgrøderester. Koefficienterne for tørstofallokering i den enkelte afgrøde er fundet i den videnskabelige litteratur, og muliggør beregning af mængden af afgrøderester for grøntsager. For byg er anvendt standardfaktorer for kvælstof-indhold i underjordiske og overjordiske afgrøderester fra IPCC 2019-retningslinjerne (Hergoualc'h et al., 2019), for grøntsagsafgrøderne er der suppleret med data fra den videnskabelige litteratur (Thiébeau et al., 2021). Udledningen fra kalkning er ligeledes beregnet ud fra IPCC 2019-retningslinjerne (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019), med en emissionsfaktor på 0,12 kg CO₂-C/kg CaCO₃. Der er forudsat et forbrug til vanding på 5 kWh pr. mm pr. hektar, og udledningen fra forbrugt el er opgivet i den generelle eldeklaration fra Energinet (Energinet, 2023). Forbrænding af diesel er beregnet til at udlede 2,66 kg CO₂/L diesel. Det er antaget at husdyrgødning modtages uden klimaaftryk fra produktion, da alle udledninger af klimagasser indtil udbringning i marken tilskrives husdyrsystemet.

For stiklingeproduktionen er antaget at vækstmediet er sphagnum, at kålstiklinger leveres til udplantning med en 25 cm³ rodklump, og at salat og planteløg har en rodklump på 48 cm³. Aftrykket fra produktion og forbrug af sphagnum er antaget lig med de rapporterede værdier i Boldrin et al. (2010). Stiklingerne produceres i opvarmede væksthuse, og evt. med tilskudslys. Det totale energiforbrug pr. m² er beregnet ud fra data om småplanteproduktion i Danmark (Danmarks Statistik, 2023), hvoraf 20% er antaget forbrugt som elektricitet (Danmarks Statistik, 2021). Produktionstiden er antaget til 5 uger, og plantetætheden til 774 småplanter pr. m² (Stoessel et al., 2012). Energiinput er antaget at

stamme fra afbrænding af naturgas i et kraftvarmeanlæg, og emissionsfaktorer med allokering mellem varme og energi fra naturgas er anvendt (International Sustainability and Carbon Certification System GmbH, 2021).

Produktionsaftryk fra udsæd er antaget at være lig udledningen fra produktion af hvedesåsæd (International Sustainability and Carbon Certification System GmbH, 2021).

Resultater



Figur 1. Sammenligning af klimaaftryk for de 4 økologiske afgrøder. For hver afgrøde er aftrykket neddelte i bidrag fra forskellige kilder. Bemærk at udledningen fra icebergsalat og spidskål er for et enkelt hold afgrøder, og der dyrkes typisk flere hold pr. år.

Det beregnede klimaaftryk pr. hektar fremgår af figur 1. Det ses at aftrykket er højere for grøntsagsafgrøderne end for vårbyg. For icebergsalat er de primære kilder til klimapåvirkning lattergasudledning fra gødning og afgrøderester, samt stiklingeproduktion. Spidskål har et mindre bidrag fra stiklingeproduktion end salat, da der udplantes færre planter, og hver stikling har en mindre rodklump. For spidskål udgøres halvdelen af klimaaftrykket af lattergas, da der er en høj gødningstildeling og en høj mængde N i afgrøderester. For planteløg stammer halvdelen af klimaaftrykket fra stiklingeproduktion, mens dieselforbrug er den næststørste udledning bl.a. de mange nødvendige lugninger. For vårbyg kan klimaaftrykket tilskrives udledningen af lattergas, hvilket udgør langt hovedparten af aftrykket.

Opgøres klimaaftrykket pr. kg udbytte har iceberg, kål og løg en udledning på hhv. 244 g CO₂-ækv., 180 g CO₂-ækv. og 133 g CO₂-ækv. ved høst. For den økologiske vårbyg er tallet 317 g CO₂-ækv. pr. kg.

Begrænsninger og usikkerheder

Resultaterne af klimaberegninger afhænger meget af de valgte emissionsfaktorer (EF). For lattergas er emissionsfaktoren identisk med den anvendte i den nationale afrapportering til IPCC, men der er andre værdier for lattergasudledningen, der kunne anvendes. En lavere EF for lattergas fra husdyrgødning er foreslået i 2019-revision af IPCCs guidelines for våde klimazoner (mere nedbør end potentiel fordampning pr. år), og værdien er her fastsat til 0,6%. Brugen af denne emissionsfaktor i stedet for 1% mindsker klimapåvirkningen pr. hektar med 253-578 kg CO₂-ækv., afhængig af afgrøden. Et nyligt studie af lattergasudledningen under danske forhold har vist en EF for lattergas på 1,06% fra husdyrgødning (Petersen et al., 2023). Ved brug af denne emissionsfaktor øges aftrykket pr. hektar med 36-51 kg CO₂-ækv. pr. hektar afhængig af afgrøden. Brugen af andre emissionsfaktorer for lattergasudledning ændrer ikke konklusionen af sammenligningen, men kan ændre det totale estimerede aftryk og den relative betydning af de enkelte bidrag.

Emissionsfaktoren for dieselforbrænding er påvirkelig af antagelser om densitet og brændværdi. I ISCC205 er emissionsfaktoren opgivet til 3,14 kg CO₂ækv. pr. liter. Anvendes denne værdi i stedet stiger aftrykket pr. hektar 46-179 kg CO₂-ækv. pr. hektar, afhængig af afgrøden. Den største reduktion er for løg, hvor der bruges mest diesel, den mindste for vårbyg.

Mængden af tildelt gødning til de enkelte afgrøder varierer i praksis. Der kan være store forskelle i mængden af udbragt gylle afhængig af om en afgrøde efterfølger en afgrøde med en høj forfrugtsværdi, som f.eks. kløvergræs. I denne beregning indgår gødningsværdien af forfrugten ikke, men det er vigtigt at være opmærksom på denne effekt. Det kan lade sig gøre at dyrke grøntsagsafgrøder efter kløvergræs med en meget lav tildeling af gødskning, og en beregning af lattergas som kun baserer sig på udledninger fra udbragt gødning, vil være misvisende. Her vil der skulle inkluderes et lattergasbidrag fra de afgrøderester af kløvergræs, som er med til at give en høj gødningseffekt i den efterfølgende afgrøde. Den nærværende beregning skal derfor tolkes som aftrykket fra en mark med en total kvælstoftilgængelighed svarende til de angivne værdier i tabel 1.

De beregnede udledninger af klimagas pr. hektar er ikke beregnet inklusiv alle bidrag. F.eks. er udledningen fra elforbrug til vanding kun inklusiv den direkte udledning fra brændslet, men medtager ikke udledninger til infrastruktur, eller tab i elnettet. Derudover er der ikke medregnet transport for alle input, da systemafgrænsningen af de anvendte produktionsaftryk for input varierer. Det er derfor vigtigt at sige, at de absolutte tal for udledning pr. hektar ikke er komplette. Til sammenligningsformål er opgørelsen dog indikativ for forholdet mellem de forskellige afgrøder, da der er medtaget de forventede største bidrag til klimagasudledning. Bemærk dog at tallene er beregnet for ét hold iceberg og spidskål, og da der typisk dyrkes 2 hold pr. sæson, bør sammenligningen af udledninger pr. hektar med vårbyg foretages med to hold salat eller kål.

Perspektivering

Hvis arealer omlægges fra økologisk byg til økologiske grøntsager, vil der være en forventet stigning i klimaudledning fra den specifikke dyrkningsflade. Dette er dog en forsimplet konklusion.

En direkte sammenligning af klimaaftryk mellem grøntsagsafgrøder og vårbyg er besværlig, da de to afgrødetyper ikke har samme anvendelsesformål. Grøntsagerne dyrkes til humant konsum, mens byg primært dyrkes til foder. For at kunne vurdere og sammenligne aftrykkene mere retvisende bør aftrykket sammenlignes når fødevaren indtages hos forbrugeren, hvor byggen f.eks. indtages i form af svinekød.

En omregning af foderbyg til en tilsvarende mængde svinekød skal tage højde for foderkonverteringsraten af byg til svinekød. Baseret på antagelser om 1,1 FE pr. kg. byg, foderandele af byg i foderplaner for søer, smågrise og slagtegrise vurderes der et bygforbrug på 238 kg pr. 88 kg slagtevægt, svarende til 2,7 kg byg pr. kg svinekød. Det vil sige at den økologiske byg ved indtagelse i form af

svinekød har et aftryk på minimum 856 g CO₂-ækv. Denne simple omregning tager ikke højde for de mange andre faktorer, der påvirker klimaaftrykket fra svinekød såsom spildrater for alle led i produktkæden, forbrug af energi eller allokeringsforhold mellem de forskellige dele af grisen ved slagtning. Det samme gælder for aftryk fra resten af grøntsagernes produktkæde inden de når ud til forbrugeren. Det er dog en klar forventning, at en nærmere beregning vil øge forskellen i klimaaftryk, så grøntsagerne får et relativt lavere aftryk end byg, som først skal bruges til foder før det kan spises af mennesker. Dette er i overensstemmelse med den bredere videnskabelige litteratur, som viser at grøntsager generelt har et lavere produktaftryk end kød (Poore & Nemecek, 2018).

Konklusion

Dette notat har beregnet og sammenlignet udledningen fra dyrkning af økologiske grøntsager med økologisk vårbyg. På grund af den mere intensive dyrkningspraksis for grøntsager er klimapåvirkningen pr. hektar er højere, mens aftryk pr. kg produkt er lavere end for vårbyg.

Ved en sammenligning af produktaftryk er det vigtigt at gøre det på det samme grundlag, nemlig ved indtagelse som fødevarer. Her har grøntsager et klart lavere klimaaftryk end foderbyg, som først skal anvendes til foder for at blive til kød til humant konsum.

Kilder

- Boldrin, A., Hartling, K. R., Laugen, M., & Christensen, T. H. (2010). Environmental inventory modelling of the use of compost and peat in growth media preparation. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(12), 1250–1260. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.04.003>
- Danmarks Statistik. (2021). *NYT fra Danmarks Statistik: Væksthusproduktion 2020*. <https://www.dst.dk/Site/Dst/Udgivelser/nyt/GetPdf.aspx?cid=31403>
- Danmarks Statistik. (2023). <https://statistikbanken.dk/VHUS2>.
- Energinet. (2023). *MILJØREDEGØRELSE 2022 Årlig redegørelse for drivhusgasudledninger fra det danske elforbrug og-produktion samt prognose for drivhusgasudledninger fra dansk elproduktion for 2023-2032*. <https://energinet.dk/om-publikationer/publikationer/miljoredegorelse-2022/>
- Hergoualc'h, K., Akiyama, H., Bernoux, M., Chirinda, N., del Prado, A., Kasimir, Å., MacDonal, J. D., Ogle, S. M., Regina, K., van der Weerden, T. J., Liang, C., & Noble, A. (2019). N2O Emissions From Managed Soils, and CO2 Emissions From Lime and Urea Application. In E. Calvo Buendia, K. Tanabe, A. Krancj, J. Baasansuren, M. Fukuda, S. Ngarize, A. Osako, Y. Pyrozhenko, P. Shermanau, & S. Federici (Eds.), *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (pp. 11.1-11.48).
- Innovationscenter for Økologisk Landbrug. (2023, February 17). *Dyrkningsvejledning for økologisk vårbyg*. <https://icoel.dk/planteavl/dyrkningsvejledning-oekologisk-vaarbyg/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). *Decision IPCC-XLIX-9. Adoption and Acceptance of the Methodology Report “2019 Refinement to the 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.”* IPCC.
- International Sustainability and Carbon Certification System GmbH. (2021). *ISCC EU205 Greenhouse Gas emissions*. ISCC System GmbH.
- Petersen, S. O., Peixoto, L. E. K., Sørensen, H., Tariq, A., Brændholt, A., Hansen, L. V., Abalos, D., Christensen, A. T., Nielsen, C. S., Pullens, J. W. M., Bruun, S., Jensen, L. S., & Olesen, J. E. (2023). Higher N2O emissions from organic compared to synthetic N fertilisers on sandy soils in a cool temperate climate. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 358. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108718>
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–992. <https://doi.org/10.1126/science.aaq0216>
- Stoessel, F., Juraske, R., Pfister, S., & Hellweg, S. (2012). Life cycle inventory and carbon and water footprint of fruits and vegetables: Application to a swiss retailer. *Environmental Science and Technology*, 46(6), 3253–3262. <https://doi.org/10.1021/es2030577>
- Taghizadeh-Toosi, A., Christensen, B. T., Hutchings, N. J., Vejlin, J., Kätterer, T., Glendining, M., & Olesen, J. E. (2014). C-TOOL: A simple model for simulating whole-profile carbon storage in temperate agricultural soils. *Ecological Modelling*, 292, 11–25. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.08.016>
- Thiébeau, P., Jensen, L. S., Ferchaud, F., & Recous, S. (2021). Dataset of biomass and chemical quality of crop residues from European areas. *Data in Brief*, 37, 107227. <https://doi.org/10.15454/LBI3U7>