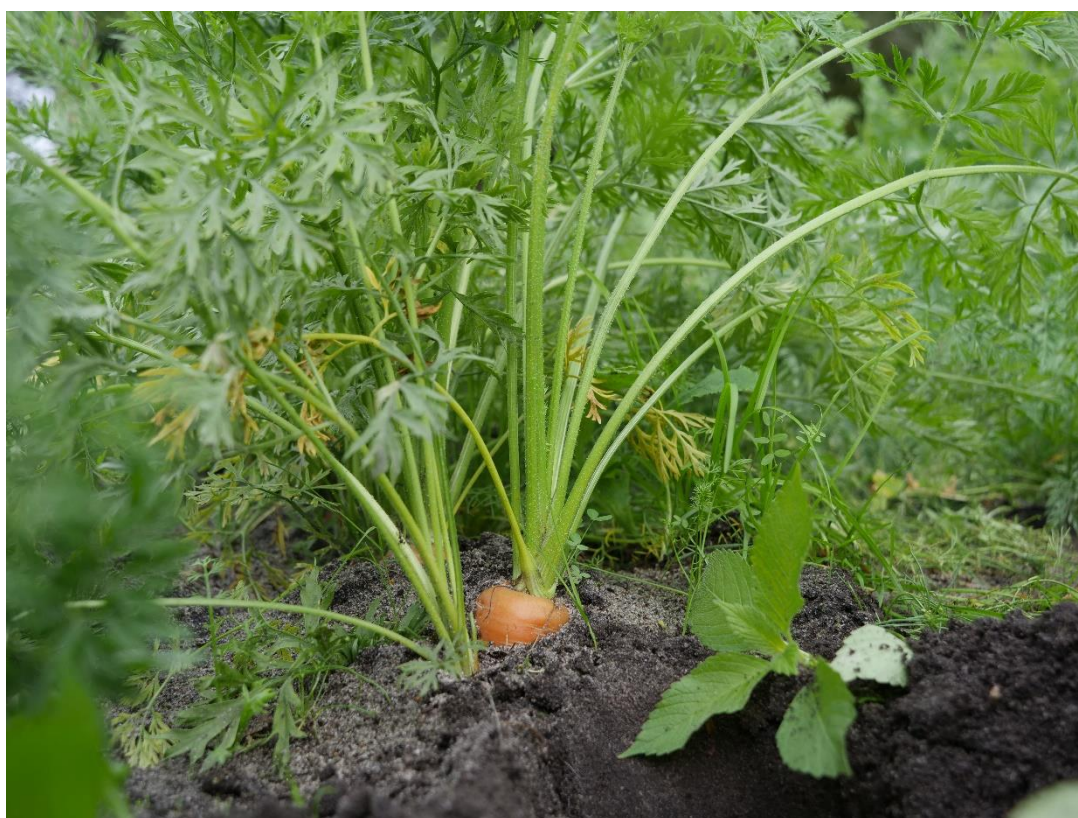




Anvendelse af biprodukter fra gulerodsproduktionen

Økonomi- og klimaeffekter belyst ved eksempelberegninger





Udgivet af

Innovationscenter for Økologisk Landbrug
Agro Food Park 26
8200 Aarhus N

+45 78780120

info@icoel.dk

Forfattere

Majken Husted, Innovationscenter for Økologisk Landbrug

Andreas Jensen, SEGES Innovation

Michael Højholdt, SEGES Innovation

Finansiering

Promilleafgiftsfonden for landbrug.

Udarbejdelse af rapporten

Forfatterne har i forbindelse med udarbejdelse af rapporten indhentet viden fra en relevante videnskabelige artikler, databaser og virksomheder.

Citeres som

Husted, M., 2025. Anvendelse af biprodukter fra gulerods-produktionen. Økonomi- og klimaeffekter belyst ved eksempelberegninger. 9 sider.
Innovationscenter for Økologisk Landbrug.

Henvendelser vedr. rapporten

Majken Husted, majh@icoel.dk

Forsidefoto

Linda Rosager Duve, Innovationscenter for Økologisk Landbrug



Introduktion

I forbindelse med projektet "Regenerativt landbrug i en dansk kontekst" ønskes et bud på klimaeffekt og økonomiske konsekvenser af forskellige måder at håndtere biprodukter fra gulerodsproduktionen.

Gevinsten ved at tage hånd om biprodukter, f.eks. afgrøderester efterladt i marken, kan være en forbedret næringsstoføkonomi. Gulerodstoppen, hvis afgrøden høstes mens den er grøn, indeholder kvælstof, som vil være i fare for at udvaskes om efteråret, hvis ikke den immobiliseres i marken eller bjærges.

Ved en immobilisering i marken, f.eks. ved tilsætning af kulstofrigt materiale (halm) inden nedmuldning, kan det være en udfordring at få remineraliseret kvælstoffet i den efterfølgende dyrkningsæson så det times med planternes behov. En fordel ved at bjærge afgrøderesterne og anvende den til f.eks. foder eller biogas er, at kvælstof kan lagres – enten som husdyrgylle eller biogas-digestat - indtil det er optimalt at gødske afgrøden for at få den højeste kvælstofudnyttelse.

Dette notat søger at beregne om der er en klimamæssig gevinst ved at bruge biprodukter og afgrøderester fra gulerodsproduktion til foder eller biogas. Samtidig er der opstillet økonomiske beregninger af værdien af og omkostningerne ved bjærgning.

Der er her lavet beregninger med udgangspunkt i en erfaringsindsamling og effekterne er derfor ikke direkte overførbare til andre produktioner. Beregningerne kan give et indtryk af hvordan praksis ved håndtering af frasorterede gulerødder og gulerodstoppe kan påvirke økonomi og klima, men de egentlige effekter vil afhænge af den konkrete situation.

Beregningerne viser effekterne af en praksisændring. Det er således ikke en fuld kortlægning af klima- og økonomieffekter på hele bedriften, men et afgrænset studie, som viser de potentielle effekter af et tiltag.

Materialer og metoder

Der er lavet erfaringsindsamling fra forskellige driftstyper, og på baggrund af disse er det tilstræbt at beregne eksempler på udledninger og økonomiske konsekvenser.

Forudsætninger

I eksemplet antages håndtering af frasorterede gulerødder og gulerodstop efter optagning af gulerødderne at kunne beskrives ved følgende forudsætninger:

Gulerødderne optages og køres på vaskeri/pakkeri hvorfra de frasorterede gulerødder *enten*

- fodres op (opfodring værdisat ved transportomkostning og gns. intern grovfoderpris) *eller*
- køres til biogas (værdisat ved transportomkostning og tre niveauer af gasværdi)

Ved optagning vil gulerodstoppen *enten*

- Efterlades på marken og nedpløjes (værdisat ved omkostning til nedpløjning) *eller*
- Overlæsses ved optagning og køres til opfodring (værdisat ved transportomkostning og gns. intern grovfoderpris) *eller*
- Overlæsses ved optagning og køres til biogas (værdisat ved transportomkostning og tre niveauer af gasværdi)

I tabel 1 ses forudsætninger vedr. afstande, mængder, værdisætning af gaspotentialet pr. kg tørstof (TS), foderværdi af gulerødder og gulerodstop, værdisætning af grovfoderet, omkostninger til maskiner og arbejde vedr. transport og nedmuldning:



Tabel 1: Forudsætninger vedr. afstande, mængder, værdisætning af gaspotentialet pr. kg tørstof (TS), foderværdi af gulerødder og gulerodstop, værdisætning af grovfoderet, omkostninger til maskiner og arbejde vedr. transport og nedmuldning.

Forudsætninger	værdi	enhed
Afstand mark - gård	20,00	km
Gulerodstop frisk	23.317	kg FM pr. ha
Gulerodstop TS	3.824	kg TS pr. ha
Frasorterede gulerødder	17.680	kg FM pr. ha
Frasorterede gulerødder TS	1.892	kg TS pr. ha
Gasværdi 1	0,00	kr. pr. kg TS
Gasværdi 2	0,75	kr. pr. kg TS
Gasværdi 3	1,50	kr. pr. kg TS
Foderværdi gulerødder normtal (8 kg FM til 1 FEN)	0,13	FEN pr. kg FM
Foderværdi gulerødder pr. ha	2.210	FEN pr. ha
Foderværdi gulerodstop normtal (8,2 kg FM til 1 FEN)	0,12	FEN pr. kg FM
Foderværdi gulerodstop pr. ha	2.844	FEN pr. ha
Pris pr. FEN græs	1,43	kr. pr. FEN
Pris pr. FEN majs	1,06	kr. pr. FEN
Gns. grovfoderpris (inkl. helsæd)	1,25	kr. pr. FEN
Pris nedmuldning (pløjning uden pakning)	-750	kr. pr. ha
Pris transport gulerodstop* 2 sæt (traktor + vogn + fører) á 900 kr. pr. time (optager 1 ha pr. time)	-1.800	kr. pr. ha
Transportafstand vaskeri - foderbord/biogas 20 km - ca 2 timer inkl. retur pr. ha á 900 kr.	-1.800	kr. pr. ha

*Det forudsættes der køres ved siden af optager + transport => kræver 2 sæt (traktor, vogn, mand) mens der optages "hjemkørsel grovfoder 1.150 kr. pr. ha", "fragt 775 kr. pr. ha" - afhænger af vogn og traktorstørrelse mv.

I tabel 2 er der angivet emissionsfaktorer og andre standardfaktorer, som er anvendt i klimaberegningerne. I appendix er tabellen angivet med referencer for hver faktor.

Tabel 2: Emissions- og standardfaktorer anvendt til klimaberegninger.

Emissionsfaktorer	Værdi	Enhed
N2O direkte, afgrøderester	0,006	kg N2O-N/kg N
Udvaskning, fracLEACH	0,240	kg NO3-N/kg N applied
N2O-N, indirect, deposition	0,014	kg N2ON/kg N volatilised as NH3+Nox
N2O-N, indirect, leaching	0,011	kg N2ON/kg N leached
N2O direkte, gylle	0,012	kg N2O-N/kg N
NH3, svinogylle udbragt i mark (af TAN)	0,096	kg NH3-N/kg TAN
Nox, udbragt N	0,040	kg NOx-N/kg N
Diesel, forbrænding	2,658	kg CO2e/l
Diesel, produktion	0,790	kg CO2e/l
Kløvergræsensilage, inkl. C i jord	0,328	kg CO2e/kg ts
Majsensilage, inkl. C i jord	0,359	kg CO2e/kg ts
Majsensilage	0,880	FEN/kg ts
Kløvergræsensilage	0,840	FEN/kg ts
CH4, opbevaring biogasgylle	0,330	kg CH4/t vs



Der er taget udgangspunkt i en produktion af efterårsgulerødder, hvorfor det ikke er muligt at etablere efterafgrøder efter høst. Derfor er risikoen for udvaskning og behovet for øget gødskning i den efterfølgende afgrøde, baseret på scenarier uden efterafgrøde.

Der er i beregningerne ikke taget højde for at udskiftninger i foderet kan betyde ændringer i tilvækst, mælkeydelse og N udskillelse, hvilket kan have betydning for de efterfølgende udledninger og klimaaftrykket per kg dyr.

Der er ikke regnet på effekten ved at anvende restbiomasser til foder og derefter afgasse husdyrgødningen i biogasanlæg.

Resultater

Nedenfor er angivet resultaterne for hhv. økonomi og klima.

Økonomi

I tabel 3 ses beregnede værdier pr. ha for frasorterede gulerødder og gulerodstop anvendt til hhv. gas og som foder:

Tabel 3: Beregnede værdier pr. ha for frasorterede gulerødder og gulerodstop.

Gasværdi 1 gulerodstop	0	kr. pr. ha
Gasværdi 2 gulerodstop	2.868	kr. pr. ha
Gasværdi 3 gulerodstop	5.736	kr. pr. ha
Gasværdi 1 frasorterede gulerødder	0	kr. pr. ha
Gasværdi 2 frasorterede gulerødder	1.419	kr. pr. ha
Gasværdi 3 frasorterede gulerødder	2.838	kr. pr. ha
Værdi frasorterede gulerødder som foder v/ 1,25 kr. pr. FEN	2.763	kr. pr. ha
Værdi gulerodstop som foder v/1,25 kr. pr. FEN	3.554	kr. pr. ha

I tabel 4 ses det beregnede økonomiske resultat for de forskellige anvendelser af frasorterede gulerødder og gulerodstop jf. punkt a. – e. ovenfor:

Tabel 4: Økonomiske effekter ved forskellig anvendelse af restbiomasser.

a. de frasorterede gulerødder fodres op (værdisat ved transportomk. og gns. intern grovfoderpris)	963	kr. pr. ha
b ₁ . frasorterede gulerødder køres til biogas (værdisat ved transportomk. og gasværdi 1)	-1.800	kr. pr. ha
b ₂ . frasorterede gulerødder køres til biogas (værdisat ved transportomk. og gasværdi 2)	-381	kr. pr. ha
b ₃ . frasorterede gulerødder køres til biogas (værdisat ved transportomk. og gasværdi 3)	1.038	kr. pr. ha
c. gulerodstoppen efterlades på marken og nedpløjes (værdisat ved omkostning til nedpløjning)	-750	kr. pr. ha
d. gulerodstoppen køres til opfodring (værdisat ved transportomkostning og gns. intern grovfoderpris)	1.754	kr. pr. ha
e ₁ . gulerodstoppen køres til biogas (værdisat ved transportomkostning og gasværdi 1)	-1.800	kr. pr. ha
e ₂ . gulerodstoppen køres til biogas (værdisat ved transportomkostning og gasværdi 2)	1.068	kr. pr. ha
e ₃ . gulerodstoppen køres til biogas (værdisat ved transportomkostning og gasværdi 3)	3.936	kr. pr. ha

Klima

For klimaeffekter angivet i tabel 5 ved implementering af et tiltag gælder at positive tal betyder en øget udledning og negative tal betyder en sparet udledning.



For scenarie a og d, er der antaget en 50/50 fortrængning af majsensilage og kløvergræsensilage, da det er en andel af grovfoderet som vil blive fortrængt ved anvendelse af hhv. gulerodstop og frasorterede gulerødder i foderplanen.

Tabel 5: Klimaeffekter ved forskellig anvendelse af restbiomasser.

Scenarie	Værdi	Enhed
a. de frasorterede gulerødder fodres op	-778,8	kg CO ₂ e/ha
b. frasorterede gulerødder køres til biogas	-885,1	kg CO ₂ e/ha
c. gulerodstoppen efterlades på marken og nedpløjes	316,6	kg CO ₂ e/ha
d. gulerodstoppen køres til opfodring	-1075,3	kg CO ₂ e/ha
e. gulerodstoppen køres til biogas	-1382,3	kg CO ₂ e/ha

Perspektivering

Økonomi

Umiddelbart er der visse eksempelberegningerne, at

- der er bedst økonomi knyttet til anvendelse af restbiomasse af gulerodstop til biogasproduktion forudsat der kan opnås det højeste niveau af de tre gasværdier af tørstoffet
- opfodring af gulerodstop beregnes til at være økonomisk bedre end gasproduktion til det mellemste og laveste niveau af gasværdi af tørstoffet
- nedmuldning af gulerodstoppen økonomisk set kun er en omkostning
- opfodring af frasorterede gulerødder stort set kan konkurrere med biogas til det højeste niveau af gasværdi af tørstoffet.

Klima

Eksempelberegningerne viser at,

- Bjærgning og anvendelse af restbiomasser fra gulerødder giver lavere klimaaftryk fordi det erstatter anden energi- og foderproduktion,
- Den største klimaeffekt fås ved at afgasse restbiomasserne i biogasanlæg, pga. fortrængningen af fossil gas.

Klimaberegningerne har fokuseret på et afgrænset system, hvor det ikke er alle potentielle afledte effekter som er estimeret. F.eks. er der ikke taget højde for, om tilvæksten hos husdyr ændres når grovfoder af græs/majs udskiftes med gulerodstop eller frasorterede gulerødder, hvilket kan påvirke, om der samlet set skal bruges mere foder til at producere samme mængde vare. Det er heller ikke blevet estimeret forskelle i kvælstoftab pr. kg N mellem nedmuldede afgrøderester og bioforgassede afgrøderester, hvor organisk bundet kvælstof nedbrydes og derfor kan tabes som flygtige forbindelser ved efterfølgende udbringning.

Der understreges at der knytter sig væsentlig usikkerhed til flere af de anvendte forudsætninger, herunder prissætningen af gasværdi og den praktiske anvendelse af restbiomasserne til foder, hvorfor beregningerne alene må tolkes som eksempler, og at de praktiske muligheder for opfodring og biogasproduktion må undersøges nøjere i konkrete sager, hvor ovenstående anvendes som inspiration.

Umiddelbart er der en klimagevinst ved bjærgning til foder og biogas, og der er under antagelserne ovenfor også en mulighed for en økonomisk gevinst ved udfordring og biogas – hvis der kan opnås betaling til landmanden for at sende tørstof til biogas. Priser på biomasser er dog lokalt varierende og afhænger af en række forhold, bl.a. hvilke biomasser der ellers er tilgængelige, om det er en biomasse



som kan leveres kontinuerligt i et tilstrækkeligt stort volumen, etc. Ønsker man at gå i gang med at undersøge mulighederne på egen bedrift, bør man som nævnt ovenfor, skænke forudsætningerne for beregningerne stor opmærksomhed ift. om de også er gældende i det konkrete tilfælde.

Det skal også bemærkes at der ikke er regnet på klima- og økonomieffekter ved at anvende de fraserterede gulerødder til fødevarer. Det bør altid være første prioritet at anvende så stor en del af produktionen til fødevarer som muligt. De beregnede scenarier skal derfor ses som potentielle tiltag der kan implementeres i de tilfælde hvor det ikke er muligt at anvende gulerødderne til fødevarer.



Referencer

- [1] LandbrugsInfo, 2022. Brændstofforbrug opgjort for maskinhandlinger på afgrødeniveau og efter dyrkningssystem. [Brændstofforbrug opgjort for maskinhandlinger på afgrødeniveau og efter dyrkningssystem.](#)
- [2] Energistyrelsen, 2025. Standardfaktorer for brændværdier og CO₂-emissionsfaktorer til brug for rapporteringsåret 2024. [Standardfaktorer for brændværdier og CO₂-emissionsfaktorer til brug for rapporteringsåret 2024.pdf](#)
- [3] Fødevaredata (<https://frida.fooddata.dk>), version 5.4, Maj 2025, Fødevareinstituttet, Danmarks Tekniske Universitet.
- [4] Reid, J. B., Hunt, A. G., Johnstone, P. R., Searle, B. P., & Jesson, L. K. (2018). On the responses of carrots (*Daucus carota* L.) to nitrogen supply. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 46(4), 298-318.
- [5] Thiébeau, P., Jensen, L. S., Ferchaud, F., & Recous, S., 2021, "Biomass and chemical quality of crop residues from European areas: version 2", <https://doi.org/10.15454/LBI3U7>, Recherche Data Gouv, V2, UNF:6:+Ja4uCFh0Y7ihZPKQUkk2A== [fileUNF]
- [6] Petersen, S. O., Peixoto, L. E., Sørensen, H., Tariq, A., Brændholt, A., Hansen, L. V., ... & Olesen, J. E. (2023). Higher N₂O emissions from organic compared to synthetic N fertilisers on sandy soils in a cool temperate climate. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 358, 108718.
- [7] Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Gyldenkærne, S., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Hjelgaard, K., Fauser, P., Bruun, H.G., Levin, L., Callisen, L.W., Andersen, T.A., Johannsen, V.K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L., Stupak, I., Scott-Bentsen, N., Baunbæk, L., & Hansen, M.G. 2025. Denmark's National Inventory Document 2025. Emission Inventories 1990-2023 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Paris Agreement. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 756 pp.
- [8] EEA, 2023. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023. Technical guidance to prepare national air pollutant emission inventories. EEA Report 06/2023.
- [9] IPCC, 2019. 2019 Refinement to 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- [10] Jungbluth, N., & Meili, C. (2018). Life cycle inventories of oil products distribution. ESU-services Ltd. commissioned by BAFU, BFE & Erdöl-Vereinigung, Schaffhausen, Switzerland, www.lc-inventories.ch.
- [11] Mogensen, L., Knudsen, M. T., Dorca-Preda, T., Nielsen, N. I., Kristensen, I. S., & Kristensen, T. (2018). Bæredygtighedsparametre for konventionelle fodermidler til kvæg: Metode og tabelværdier. DCA rapport, nr. 116.
- [12] Hafner, S.D., Møller, H., Dalby, F.R., Romio, C. 2025. Management effects on methane emission from stored digestate - insights from coupling heat transfer and microbial models. Research dissemination re-port from DCA – Danish Centre for Food and Agriculture, Aarhus University. 24 pages.
- [13] NorFor, 2025. <https://feedstuffs.norfor.info/>.



Appendix

Emissionsfaktorer	Værdi	Enhed	Reference
N2O direkte, afgrøderester	0,006	kg N2O-N/kg N	IPCC 2019, disagg. Wet climate
Udvaskning, fracLEACH	0,240	kg NO3-N/kg N applied	NID 2025, Figure 5.11
N2O-N, indirect, deposition	0,014	kg N2ON/kg N volatilised as NH3+Nox	IPCC 2019, EF4, disagg. wet climate
N2O-N, indirect, leaching	0,011	kg N2ON/kg N leached	IPCC 2019, EF5
N2O direkte, gylle	0,012	kg N2O-N/kg N	Based on AU report (EF for slurry), Petersen et al., 2023
NH3, svinegylle udbragt i mark (af TAN)	0,096	kg NH3-N/kg TAN	ANNUAL DANISH INFORMATIVE INVENTORY REPORT 2025, annex 3D-14
Nox, udbragt N	0,040	kg NOx-N/kg N	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023
Diesel, forbrænding	2,658	kg CO2e/l	Energistyrelsen, 2025. Standardfaktorer for brændværdier og CO2-emissionsfaktorer til brug for rapporteringsåret 2024
Diesel, produktion	0,790	kg CO2e/l	Ecoinvent
Kløvergræsensilage, inkl. C i jord	0,328	kg CO2e/kg ts	DCA rapport 116
Majsensilage, inkl. C i jord	0,359	kg CO2e/kg ts	DCA rapport 116
Majsensilage	0,880	FEN/kg ts	NorFor, Majsensilage middel FK (group code 006-0308)
Kløvergræsensilage	0,840	FEN/kg ts	NorFor, kløvergræsensilage middel FK 40% kløver (group code 006-0230)
CH4, opbevaring biogasgylle	0,330	kg CH4/t vs	DCA rapport 238