

REGENERATIVT LANDBRUG

I ØKOLOGISK LANDBRUG - EN VIDENSYNTSE

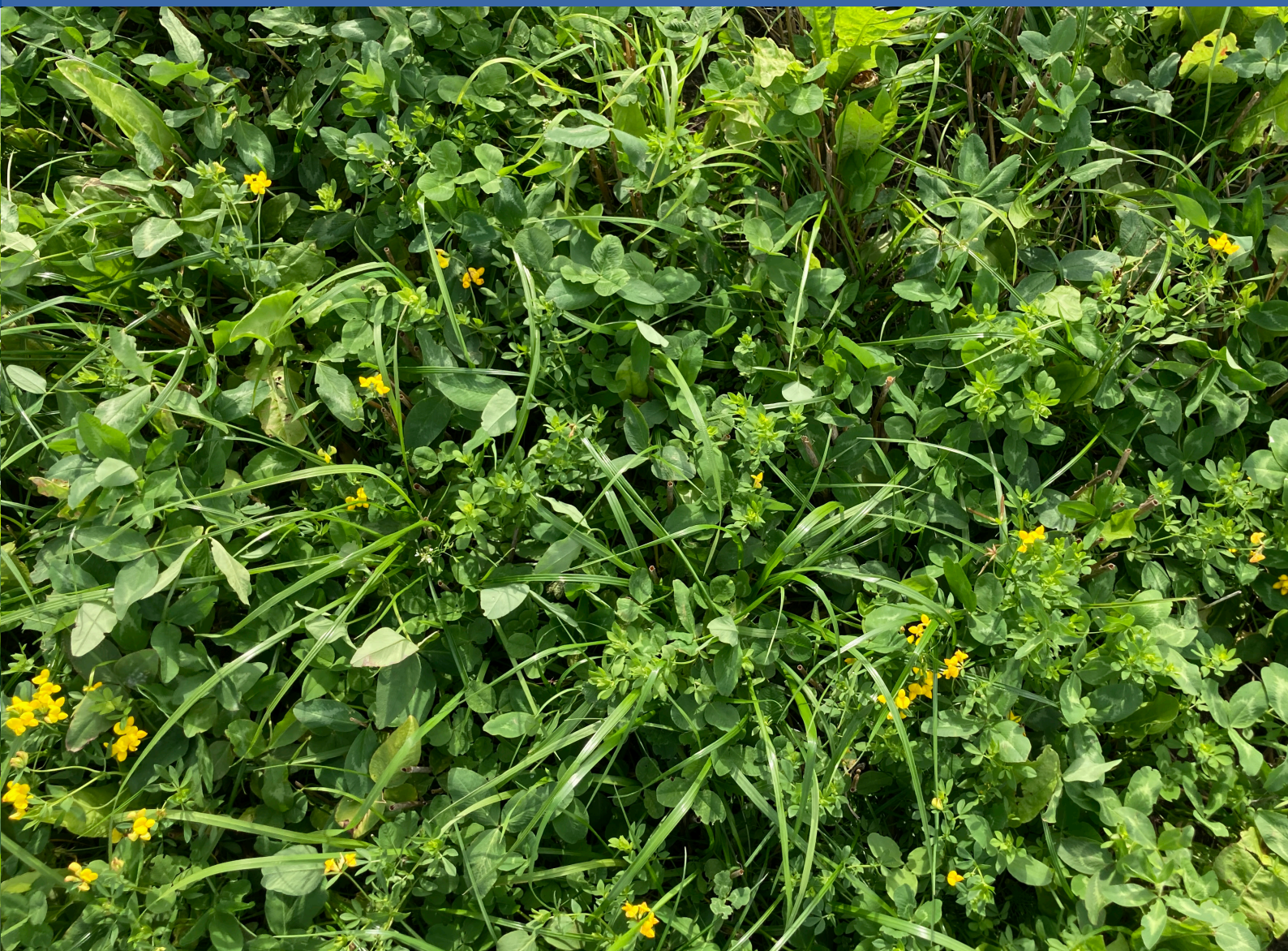
JOHANNES RAVN JØRGENSEN (EDITOR)

DCA RAPPORT NR. 230 • SEPTEMBER 2024 • RÅDGIVNING



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG



REGENERATIVT LANDBRUG

I ØKOLOGISK LANDBRUG – EN VIDENSYNTSE

DCA rapport nr. 230 • DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug • Rådgivningsrapport

FORFATTERE:

Johannes Ravn Jørgensen¹, Jon Aagaard Enni², Tommy Dalgaard¹, Klaus Horsted¹, Birgit Ingvorsen², Malene Jakobsen³, Emma Hvidtfeldt Jensen¹, Anne Grete Kongsted¹, Martin Hvarregaard Thorsøe¹, Hanne Lakkenborg Kristensen¹, Lene Juul Pedersen¹, Tove Mariegaard Pedersen², Claus Rasmussen¹, Ivana Trkulja³

¹: Aarhus Universitet, AU

²: Innovationscenter for Økologisk Landbrug, ICOEL

³: Internationalt Center for Forskning i Økologisk Jordbrug og Fødevarer, ICROFS



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG



Datablad

Titel:	Regenerativt landbrug i økologisk landbrug – en vidensyntese
Serie og nummer:	DCA rapport nr. 230
Rapporttype:	Rådgivningsrapport
Forfattere:	Johannes Ravn Jørgensen ¹ , Jon Aagaard Enni ⁴ , Tommy Dalgaard ¹ , Klaus Horsted ¹ , Birgit Ingvorsen ⁴ , Malene Jakobsen ⁵ , Emma Hvidtfeldt Jensen ³ , Anne Grete Kongsted ¹ , Martin Hvarregaard Thorsøe ¹ , Hanne Lakkenborg Kristensen ² , Lene Juul Pedersen ³ , Tove Mariegaard Pedersen ⁴ , Claus Rasmussen ¹ , Ivana Trkulja ⁵ 1: Aarhus Universitet, Inst. f. Agrøekologi (AU AGRO) 2: Aarhus Universitet, Inst. f. Fødevarevidenskab (AU-FOOD) 3: Aarhus Universitet, Inst. f. Husdyr- og Veterinærvidenskab (AU-ANIVET) 4: Innovationscenter for Økologisk Landbrug (ICOEL) 5: Internationalt Center for Forskning i Økologisk Jordbrug og Fødevareresystemer (AU-ICROFS) <i>Forfattere er angivet ved de enkelt afsnit</i>
Fagfællebedømmelse:	Uffe Jørgensen og Birte Boelt, AU-AGRO (hele dokumentet) samt Janne W. Christensen, AU-ANIVET (afsnit 4.6)
Kvalitetssikring, DCA:	Chefkonsulent Lene Hegelund, DCA Centerenheden, AU
Rekvirent:	Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Departementet (FVM)
Dato for bestilling/levering:	01.10.2023 / 15.08.2024 (udkast til kommentering) / 31.08.2024
Journalnummer:	2023-0615254
Finansiering:	Rapporten er udarbejdet på baggrund af en allonge til "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Miljøministeriet, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri og Aarhus Universitet i Ydelsesaftale Planteproduktion 2023-2026".
Ekstern kommentering:	Ja. FVM har kommenteret på et udkast til besvarelsen. Kommentarer og forfatterens håndtering af disse kan findes via dette LINK
Eksterne bidrag:	Ja, rapporten er udarbejdet i samarbejde mellem AU, Innovationscenter for Økologisk Landbrug (ICOEL) og Internationalt Center for Forskning i Økologisk Jordbrug og Fødevareresystemer (AU-ICROFS). Bidrag fremgår af Baggrund samt angivelse af forfattere ved de enkelte kapitler.
Kommentarer til bestilling:	Bestillingen fra Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri på en Vidensyntese om Regenerativt landbrug og skovlandbrug i økologisk jordbrug er af faglige årsager delt op i to vidensynteser, så der foreligger hhv. en vidensyntese om 'Regenerativt landbrug i økologisk landbrug' og en vidensyntese om 'Muligheder og potentialer for skovlandbrug inden for rammerne af økologi'. Denne rapport dækker det regenerative landbrug.

Kommentarer til besvarelse:	Rapporten præsenterer resultater, som ved udgivelsen ikke har været i eksternt peer review eller er publiceret andre steder. Ved en evt. senere publicering i tidsskrifter med eksternt peer review vil der derfor kunne forekomme ændringer.
Citeres som:	Jørgensen JR, Enni JA, Dalgaard T, Horsted K, Ingvorsen B, Jakobsen M, Jensen EH, Kongsted AG, Thorsøe MH, Kristensen HL, Pedersen LJ, Pedersen TM, Rasmussen C, Trkulja I. 2024. Regenerativt landbrug i økologisk landbrug – en vidensyntese. 117 sider. Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 31.08.2024.
Rådgivning fra DCA:	Læs mere på https://dca.au.dk/raadgivning/
Ophavsret:	Rapporten er omfattet af gældende regler om ophavsret
Layout:	Rapportkoordinator Jette Illkjær, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, AU
Fotos:	For- og bagsidefoto: Dennis Weigelt Pedersen, ICOEL
Sideantal:	117
ISBN:	Trykt version: 978-87-94420-45-7. Elektronisk version: 978-87-94420-46-4
ISSN:	2248-1684
Tryk:	DigiSource.dk
Internetversion:	https://dcpub.au.dk/djfpublikation/index.asp?action=show&id=1517

Forord

Landbruget står i dag over for en række presserende udfordringer, som kræver nytænkning og en bæredygtig tilgang til produktion. Klimaforandringer, jordforringelse, tab af biodiversitet og pres på naturressourcerne er blot nogle af de faktorer, der skaber et akut behov for innovative løsninger inden for landbrugssektoren. I denne kontekst er interessen for regenerativt landbrug vokset markant, især som en potentiel løsning til at genoprette og forbedre landbrugsjordens sundhed, øge kulstofbindingen og sikre en langsigtet bæredygtig fødevarerproduktion.

Denne vidensyntese har til formål at belyse, hvordan principperne for regenerativt landbrug kan integreres i økologisk landbrug i Danmark. Gennem en omfattende gennemgang af eksisterende forskning og praksis eksempler, søger vi at kortlægge de potentielle fordele ved en sådan integration, samtidig med at vi identificerer udfordringerne og de videnshuller, der eksisterer på området.

Hypotesen bag vidensyntesen om regenerativt landbrug i økologisk landbrug, med dets fokus på minimal jordforstyrrelse, kontinuerligt jorddække, biologisk diversitet og integration af husdyr og afgrøder, er, at principperne ikke blot kan opretholde, men også genopbygge de agro-økosystemer, som landbruget og fødevarerforsyningen er afhængig af. Vidensyntesen søger at afdække, i hvilken grad principperne for regenerativt landbrug kan imødekommes, tilpasses og implementeres i de veldefinerede rammer, som økologisk landbrug opererer indenfor.

Denne syntese er bestilt af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri på baggrund af Folketingets aftaler i forbindelse med "Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug" i 2021 for at bidrage til den løbende vidensbaserede diskussion om fremtidens bæredygtige landbrugspraksisser i Danmark og internationalt. Den henvender sig til landmænd, rådgivere, forskere, ngo'er, politikere og alle andre med interesse i, hvordan landbruget kan spille en central rolle i at imødegå nogle af vores største miljø- og klimaudfordringer.

Forfatterne er opmærksomme på, at der er kommet øget bevågenhed omkring husdyrbrugets klimagasudledninger jf. "Den grønne trepartsaftale" (Aftale om et Grønt Danmark) der blev indgået i juni 2024. Arbejdet med vidensyntesen var fremskredet, da aftalen blev indgået, og er således ikke inkluderet i rapporten.

Med denne syntese håber vi, at vi kan skabe fagligt grundlag for og inspirere til innovation i retning af et mere bæredygtigt landbrug, som ikke kun tilgodeser nutidens markedsmæssige behov, men også fremtidige generationers levegrundlag.

Indholdsfortegnelse

Forord	4
1 Baggrund	7
2 Indledning	8
2.1 Regenerativt landbrug som begreb	8
2.2 Historisk baggrund for regenerativt landbrug	9
2.3 Overordnede principper og retninger indenfor regenerativt landbrug	10
2.4 Regenerativt landbrug i andre lande	11
2.5 Regenerativt landbrug i Danmark	14
2.6 Forslag til principper for regenerativt landbrug i dansk økologisk kontekst	14
2.7 Princip 1: Minimal forstyrrelse af jorden	15
2.8 Princip 2: Levende plantedække året rundt	16
2.9 Princip 3: Maksimal artsdiversitet	17
2.10 Princip 4: Integration af husdyr og planteavl	18
2.11 Princip 5: Recirkulering af ressourcer	19
2.12 Princip 1-5	20
2.13 Referencer	21
3 Sammenhængen mellem de økologiske og de regenerative principper	25
3.1 Forskelle og ligheder mellem almindelig, dansk økologi og regenerativ økologi	27
3.2 Referencer	30
4 Implementering af regenerative principper i dansk, økologisk landbrug og dyrkningsmæssige udfordringer	31
4.1 Princip 1: Minimal forstyrrelse af jorden	32
4.1.1 Fysisk forstyrrelse	32
4.1.2 Kemisk forstyrrelse	36
4.1.3 Biologisk forstyrrelse	36
4.2 Princip 2: Levende plantedække året rundt	44
4.3 Princip 3: Maksimal artsdiversitet	51
4.4 Princip 4 - Integration af husdyr og planteavl	57
4.5 Princip 5: Recirkulering af ressourcer	63
5 Estimat for udbredelsen af regenerative praksistiltag i dansk økologisk landbrug	66
5.1 Princip 1: Minimal forstyrrelse af jorden	66
5.2 Princip 2: Levende plantedække året rundt	67
5.3 Princip 3: Maksimal artsdiversitet	68
5.4 Princip 4: Integration af husdyr og planteavl	69
5.5 Princip 5: Recirkulering af ressourcer	69
5.6 Referencer	71
6 Effekter på klima, miljø og biodiversitet	72
6.1 Princip 1: Minimal forstyrrelse af jorden	73
6.2 Princip 2: plantedække året rundt	76
6.3 Princip 3: Maksimal artsdiversitet	79
6.4 Princip 4: Integration af husdyr og planteavl	83

6.5	Princip 5: Recirkulering af ressourcer	91
6.6	Regenerativt landbrug og dets effekt på dyrevelfærd	93
6.7	Samlet vurdering af effekterne ved en implementering af de fem principper for regenerativt landbrug i økologisk landbrug på Klima, Miljø og Biodiversitet.....	100
7	Barrierer og støtteordninger	103
7.1	Barrierer	103
7.2	Regler og muliggørende betingelser	105
7.3	Regulative styringsmidler	107
7.4	Støtte- og markedsbaserede ordninger	109
7.5	Information	111
7.6	Sammenfatning.....	111
7.7	Referencer	112
8	Konklusion og perspektiver	114
9	Sammendrag.....	116

1 Baggrund

Forfatter: Johannes Ravn Jørgensen (AU-AGRO)

Formålet med denne rapport er at samle og strukturere viden om regenerativt landbrug, indenfor rammerne af økologisk landbrug, i en vidensyntese. Vidensyntesen præsenterer forskellige aspekter af regenerativt landbrug, herunder baggrund, definitioner, implementeringsmetoder, miljømæssige og økonomiske konsekvenser, samt potentialer og udfordringer i både dansk og international kontekst. Gennem analysen perspektiveres i muligt omfang til konventionelt og økologisk landbrug og andre dyrkningsformer, f.eks. Conservation Agriculture. Formålet er at give et omfattende overblik over de regenerative landbrugsmetoder, deres betydning, udfordringer og muligheder for anvendelse inden for den økologiske landbrugssektor.

Vidensyntesen trækker både på den tilgængelige videnskabelige viden og på praktiske erfaringer. Arbejdet er udført af Aarhus Universitet (AU), Innovationscenter for Økologisk Landbrug (ICOEL) og Center for Forskning i Økologisk Jordbrug og Fødevarer-systemer (ICROFS), der repræsenterer hhv. den forskningsmæssige og praktiske viden inden for emnet. Der er i vidensyntesen lagt vægt på at inkludere eksperter med forskellige videnskabelige baggrunde og forskellige praktiske og normative synsvinkler.

Vidensyntesen bygger på lovgivning fra EU og Danmark, rapporter og data fra interesseorganisationer og akademiske publikationer. De udgivelser, der refereres til i rapporten, er fundet ved en afsøgning af relevant materiale i databaser over akademisk litteratur, såvel som rapporter fra interesseorganisationer og myndigheder. Rapporten bygger primært på danske data og undersøgelser og i de tilfælde, hvor der er benyttet forsøgsresultater fra andre lande, er dette som regel angivet, undtagen i indledningen.

2 Indledning

Forfattere: Jon Aagaard Enni og Tove Mariegaard Pedersen (ICOEL), Hanne L. Kristensen (AU-FOOD), Ivana Trkulja og Malene Jakobsen (AU-ICROFS), Johannes Ravn Jørgensen (AU-AGRO)

Landbrugsproduktionen i Danmark er udfordret blandt andet pga. dens afledte negative påvirkning på miljø, klima og biodiversitet. Danmark har som en del af den fælles europæiske landbrugspolitik (CAP) forpligtet sig til at fremme en bæredygtig udvikling af landbruget, fødevareproduktionen og landdistrikterne (LBST, 2023), hvilket blandt andet inkluderer at bidrage til modvirkning af og tilpasning til klimaforandringer. Dette kan ske ved at reducere drivhusgasudledninger og øge kulstofbinding samt fremme bæredygtig energiproduktion, bæredygtig udvikling og effektiv forvaltning af naturressourcerne såsom vand, jord og luft, f.eks. ved at reducere afhængigheden af kemiske og syntetiske hjælpestoffer og udnytte gødningsstoffer bedre. Desuden indgår at bidrage til at standse og vende tab af biodiversitet, forbedre økosystemtjenester og bevare levesteder og landskaber.

Denne forpligtelse falder sammen med en bred interesse for bæredygtige produktionssystemer blandt landbrugere, virksomheder og forbrugere. Interessen er f.eks. kommet til udtryk via interesse for regenerativt landbrug. Desuden er EU ved at udarbejde et nyt direktiv om jordsundhed (Soil Monitoring and Resilience), hvor der også kan forventes fokus på regenerering af jordens sundhed.

2.1 Regenerativt landbrug som begreb

Regenerativ er tillægsformen af regeneration, som betyder genopbygning, genoprettelse eller gendannelse, og i landbrugsmæssig sammenhæng er der tale om en genopbygning af agro-økosystemerne, med fokus på den frugtbare jord.

Det særegne ved begrebet regenerativt landbrug er i denne sammenhæng den brede adoption af begrebet. Således anvendes ordet regenerativ af og til om vidt forskellige produktionsformer – fra biodynamisk landbrug til landbrug baseret på pløjefri dyrkning, jorddække og sundt sædskifte (Conservation Agriculture). Begrebet har spredt sig til andre sektorer, og der udbydes nu f.eks. kurser i regenerativ ledelse. Interessen for regenerativt landbrug strækker sig fra den offentlige over den private sektor til græsrodsbevægelser. Interessen går især på, hvordan regenerativt landbrug kan bidrage til klimahandlingsplaner, men handler også om, hvordan regenerativt landbrug kan bidrage til at dæmme op for andre problematiske samfundsudviklinger, såsom miljø- og biodiversitetskriserne, udfordrede forsyningskæder og ernæringsrelaterede sundhedskriser. Multinationale fødevarerkonglomerater som Unilever (2021), Nestlé (2024) og Pepsico (2024) har også forpligtet sig til at fremme regenerativt landbrug, men forbeholder sig retten til selv at definere, hvad regenerativt landbrug er for deres producenter. I Danmark er den regenerative dagsorden at finde hos f.eks. Carlsberg (2023) og Arla (2024).

Trods den brede interesse er der i Danmark ingen juridisk eller regulatorisk definition af begrebet regenerativt landbrug, og der er ingen alment accepteret definition i daglig brug. Den manglende klarhed

om, hvad begrebet indeholder, kan skabe udfordringer for landbrugere, forskere, industrier, forbrugere og politiske beslutningstagere.

Der anvendes flere forskellige definitioner på regenerativt landbrug, men disse bygger alle på en række mere eller mindre gennemgående principper, som udover agronomisk afsæt også kan have et socialt afsæt. De forskellige retninger har til fælles, at de (lige som økologien) har omdrejningspunkt i nogle grundlæggende principper om at lagre kulstof i jorden og gøre landbrugsjorden sundere og mere robust over for vand- og vinderosion, jordpakning og ekstreme vejrhændelser, temperaturudsving og lignende belastninger.

I modsætning til økologisk landbrug er regenerativt jordbrug ikke certificeret i Danmark, og der udføres derfor ikke officiel kontrol med disse.

2.2 Historisk baggrund for regenerativt landbrug

I det følgende præsenteres en oversigt over tanker og bevægelser, der har bidraget til det, der i dag er kendt som regenerativt landbrug. Fokus her er det regenerative landbrugs historie i den vestlige verden, og en prioritering af de bevægelser og organisationer, som har ydet indflydelse på produktionsformer, der er rettet mod mellem- og storskalaproduktion. Således behandles diverse agroøkologiske bevægelser med fokus på selvforsyning og/eller småskalaproduktion ikke videre. En enkelt undtagelse gøres for permakulturen, da det vurderes, at dens særlige, helhedsorienterede systemdesigntænkning har ydet stor indflydelse på udviklingen af regenerativt landbrug som koncept.

Regenerativt landbrug er en bevægelse, hvis historie trækker tråde helt tilbage til 1924 og Rudolf Steiners landbrugsforedrag, og til udviklingen af økologisk landbrug, permakultur og pløjefri dyrkningssystemer med direkte såning (Ingram, 2007; Edwards et al., 1990, Giller et al. 2021). Det regenerative landbrug har således udviklet sig med afsæt i en række forskellige produktionsformer, som alle har haft en målsætning om at tilpasse de eksisterende landbrugssystemer ved at reducere deres miljø- og klimapåvirkning, behov for eksterne input, produktionsomkostninger i forhold til udbytte og/eller udnyttelse af udokumenteret arbejdskraft og andre etisk problematiske, sociodemografiske og -økonomiske forhold (Tittonell et al., 2022; Newton et al., 2020; ROA, 2023). Der er i dag forskellige retninger inden for regenerativt landbrug, hvoraf nogle har udgangspunkt i økologisk landbrug og andre i konventionelt landbrug.

Ordet regenerativt blev anvendt i sammenhæng med ordet landbrug allerede i 1970'erne (Gabel, 1979), og muligvis endda tidligere, men regenerativt landbrug som begreb fik sit egentlige fodfæste i 1980'ernes USA, anført af Robert Rodale og med afsæt i økologisk landbrug (Edwards et al., 1990; Rodale, 1986). Robert Rodale var søn af J.I. Rodale, som i 1947 grundlagde Rodale Institute, en forsknings- og udviklingsinstitution for økologisk landbrug, som stadig i dag spiller en stor rolle i nordamerikansk økologi. Rodale Institute er medstifter af Regenerative Organic Alliance (ROA), hvis formål er at udvikle og forvalte certificeringsordningen, Regenerative Organic Certified (ROC). ROC fokuserer på tre hovedområder, som ifølge ROA ikke behandles tilstrækkeligt restriktivt i de amerikanske økologiregler: jordsundhed, dyrevelfærd og social retfærdighed (ROA, 2024).

En anden vigtig tilknytning er til konceptet permakultur, en filosofi for selvforsyning og fødevarerproduktion som blev grundlagt i 1970'erne af Bill Mollison og David Holmgren fra Tasmanien, Australien (Mollison og Holmgren, 1978; Morel et al., 2018). Permakulturen arbejder med at udnytte naturlige økosystemtjenester gennem systemdesign med fokus på landskabsdynamikker, hydrologi, samdyrkning af flerårige planter, integration af husdyrhold og cirkulær ressourceøkonomi, f.eks. i form af bæredygtigt byggeri.

Endelig har den regenerative bevægelse også tæt tilknytning til Conservation Agriculture (CA), som er et dyrkningssystem, der arbejder ud fra tre principper om 1) minimal jordbearbejdning, blandt andet ved brug af direkte såning, 2) dækning af jorden året rundt og herunder samdyrkning af afgrøder og udbredt brug af efterafgrøder, samt 3) brug af varieret sædskifte – oftest med kemisk ukrudtsbekæmpelse (Munkholm et al., 2020). CA har rødder i "the Dust Bowl", som hærgede store arealer i Midtvestens USA og Canada i 1930'erne pga. tørke og fejlslagen opdyrkning af prærien. Denne miljø- og forsyningskatastrofe ledte under F. D. Roosevelt til oprettelsen af National Resource Conservation Service (NRCS), et organ under USA's landbrugsministerium, USDA, som stadig opererer i dag. Arbejdet i NRCS var afgørende for udviklingen af dyrkningsformen No-Till (på dansk: direkte såning), som først i 1990'erne udviklede sig til det, vi i dag kender som CA (Farooq og Siddique, 2015).

De historiske og geografiske perspektiver i udviklingen af det regenerative landbrug er vigtige at have for øje, når man oversætter til dansk kontekst, idet udgangspunktet i dansk landbrugsjord er et andet end f.eks. i USA.

2.3 Overordnede principper og retninger indenfor regenerativt landbrug

Der kan identificeres fem overordnede principper for regenerativt landbrug:

- Minimal forstyrrelse af jorden
- Jorddække året rundt
- Levende rødder året rundt
- Maksimal diversitet
- Integration af planteavl og husdyrhold

Principperne har deres oprindelse i NRCS's "Fire principper for jordsundhed" (NRCS) og The Royal Agricultural Society of England's 5 principper for regenerativt landbrug (RASE, 2022). Forskellen mellem de to fremstillinger ligger alene i, at hvor NRCS's princip om "at maksimere biodiversitet" indeholder "integration af husdyr i planteavlen" som et virkemiddel, får husdyrene i ASE's "fem principper for regenerativt landbrug" deres eget princip.

Den regenerative bevægelse har i dag forskellige *skoler* eller retninger, som har vidt forskellige forståelser af begrebet *regenerativt landbrug* (Soloviev, 2016; Giller et al., 2021; Tittonell et al., 2022). For mange af retningerne er ideen om et bæredygtigt landbrug utilstrækkelig, fordi betydningen af ordet *bæredygtighed* kan reduceres til opretholdelsen af en tilstand, hvorimod begrebet *regenerativt* som

tillægsord til *landbrug* nødvendigvis betegner en genopbygning og fordrer kontinuerlig forbedring af landbruget og de økologiske, økonomiske og/eller sociale systemer, det påvirker. Moderne, industrialiseret landbrug ansues som *degenerativt* i dets natur, og det er i reaktion herimod, at regenerative landbrugere tilstræber at "give mere end de tager", eller at være i balance i forhold til økologiske, økonomiske og/eller sociale transaktioner. Bl.a. derfor er det heller ikke overraskende, at stadig flere udlægninger af principperne for regenerativt landbrug inkluderer et sjette princip, som handler om vigtigheden af at tage udgangspunkt i den kontekst, man som landbruger befinder sig i (Wood, 2023; Penn, 2023). *Kontekst* skal her forstås bredt som summen af de systemer, landbrugeren eller landbrugsbedriften befinder sig i (de økologiske, sociale, kulturelle og økonomiske systemer mv.). Det er nærliggende at pege på den tyske sociolog, Niklas Luhmann, som en sandsynlig inspiration for den regenerative bevægelses systemtilgang. Kort fortalt ansuedede Luhmann verden som bestående af systemer af varierende kompleksitet, som kan afgrænses fra deres omverden. Et eksempel: Biologisk set er mennesket et system, som består af organer (som er systemer), som igen består af celler, og så videre til vi når de subatomare partikler. Den samme logik gælder for systemer af stigende kompleksitet (menneske<familie<institutioner<samfund osv.). Det følger derfor, at ethvert system er mindre komplekst end dets omverden/miljø. I *Økologisk Kommunikation* fra 1989 udfolder Luhmann sin systemteori i behandling af økologiske spørgsmål. Et centralt budskab, som udtrykker den regenerative indstilling til den naturlige verden, findes i citatet: "[...] intet system kan opnå tilstrækkelig kompleksitet til at kunne kontrollere kompleksiteten i dets omverden." (Luhmann, 1989). Mennesket kan derfor umuligt betvinge naturen, uden samtidig at bringe sin egen eksistens i fare, hvilket er evident set i lyset af klima- og biodiversitetskriserne. Hos Luhmann gælder denne regel for ethvert system i relation til de makrosystemer, det indgår i. Dette motiv genfindes i den regenerative bevægelse, hvor der tales om at "regenerere" alle former for systemer, fra økosystemer til forsyningskæder, landdistrikter, ansættelsesforhold mv.

Kontekst-princippet i regenerativt landbrug kan forstås som adapteret fra Allan Savorys *holistisk kontekst*, som er udgangspunktet for *holistisk management* eller fra David Holmgrens *12 permakulturdesignprincipper*, hvoraf flere betoner vigtigheden af at opnå en forståelse af – og respekt for – bedriftens og landbrugers kontekst (Savory 2016, Holmgren, 2002). Brugen af kontekstprincippet ansues blandt visse kritikere som det regenerative landbrugs "forsikringspolice", altså ses kontekstprincippet som en undskyldning for ikke at definere rammerne for, hvad regenerativt landbrug er (Penn, 2023).

2.4 Regenerativt landbrug i andre lande

Hovedfokus i dette afsnit er at præsentere eksempler på eksisterende nationale programmer, der yder støtte til regenerativt landbrug. Erfaringer fra lande som *Finland, Tyskland og Norge* er taget i betragtning. Baggrunden for afsnittet var først og fremmest at tage kontakt til myndigheder, forskere, finansielle institutioner mv. i Europæiske lande, som DK normalt sammenligner sig med. De lande som svarede positivt tilbage på vores henvendelse inden for den afmålte tidshorizont, aftalte vi et møde med. Således blev England, Finland, Holland, Letland, Norge og Tyskland kontaktet. Ud af de kontaktede lande svarede England, Finland, Tyskland og Norge positivt tilbage, og der blev afholdt et møde separat med repræsentanter for hvert land. Desværre kom erfaringerne fra England ikke med i denne rapport, da en

rapport om regenerativt landbrug i England ikke blev færdiggjort inden for vores deadline. Der er indhentede erfaringer fra europæiske lande, men for fremtidigt arbejde vil det også være relevant at indhente informationer fra USA, hvor der netop certificeres økologisk regenerativt landbrug. Af andre relevante europæiske lande kan nævnes Belgien, Italien og Spanien.

Nedenstående oversigt for hvert land dækker: (i) kort status over regenerativt landbrug, (ii) forsknings- eller støtteprogrammer, (iii) involverede nøgle-partnere/institutioner.

Tabel 2.1 *Oversigt over regenerativt landbrug, forskningsprogrammer og involverede nøglepartnere i Finland, Tyskland og Norge*

<p>Finland</p>	<p>Regenerativt landbrug er integreret i det nationale forsknings- og innovationsprogram 'Catch the Carbon'. Regenerativt landbrug har ikke sit eget fokus, så tilgangen er mere bred, for eksempel har 'Catch the Carbon' 2021-2024 tilbudt rammer og støtte til landbrugere, som dyrker regenerativt. Programmets mål er relateret til produktion af nye forskningsdata og løsninger i forhold til:</p> <p>Reduktion af kulstof- og andre drivhusgasemissioner fra arealanvendelse</p> <p>Fokus på kulstofdræn og kulstoflagre mv.</p> <p>Fokus på bæredygtig anvendelse og overordnet bæredygtighed i forhold til vedvarende naturressourcer^[1]</p> <p>Programmet har tiltrukket både økologiske og biodynamiske certificerede landbrugere, og økologiske forskningsinstitutioner i hele Finland, til at deltage og ansøge om midler fra programmet. 'Catch the Carbon' programmet slutter i 2024, og det er uvist, om den næste regering vil støtte en fortsættelse.</p> <p>Andre relevante organisationer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baltic Sea Action Group (BSAG)^[2] fra Finland er en non-profit fond, der fremmer regenerativt landbrug. BSAG samarbejder med Helsinki Universitet og forskningsmiljøet generelt.
<p>Tyskland</p>	<p>I tysk sammenhæng er der aktiviteter relateret til regenerativt landbrug, men som sådan ingen dedikerede forskningsprogrammer.</p> <p>Das Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg LTZ (Landbrugets Teknologiske Center) har gennemført et forskningsprojekt med følgende problemstilling: 'Udfordringen er at designe og forstå "regenerativt landbrug" på grundlag af effektive og anerkendte metoder på en sådan måde, at der opnås et højt udbytniveau med lavest mulige input samt en høj standard i forhold til beskyttelse af jorden [...]'. I økologisk landbrug bør der derfor implementeres dækafgrøder (primært dyrkning af bælgeplanter som dækafgrøder) samtidig med, at N-tabet reduceres i forbindelse med gyllehåndtering, samt at det sikres, at de eksporterede næringsstoffer bliver recirkuleret. Både konventionelt og økologisk landbrug bør arbejde hen imod at blive afbalanceret i forhold til jordens humuspulje samt i forhold til næringsstofbudgetter.'^[3]</p> <p>Et andet forskningsprogram er 'Research and Innovation Climate Protection in Agriculture' der kører til 2030. Programmet har fokus på potentialet for kulstoflagring i landbrugsjord. Som en del af 'Federal Humus Programme' gennemfører Fødevareministeriet (BMEL) derfor en</p>

	<p>række tiltag, der bidrager til at skabe viden om landbrugspraksisser, som øger mængden af stabilt kulstof i jorden og at sprede denne viden så bredt som muligt indenfor landbruget. Målet er at fremme den landsdækkende implementering af såkaldte humusforøgende og humusbevarende tiltag og strategier i landbrugspraksis ved at fremme model- og demonstrationsprojekter samt forsknings- og udviklingsprojekter'.^[4] Programmet finansierer lange forskningsprojekter mellem fem og seks år, 2022 til 2027, eller 2023 til 2029.</p> <p>Andre relevante organisationer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grüne Brücke - Büro für Regenerative Landwirtschaft (Grøn Bro - Kontor for Regenerativt Landbrug) i Neustadt in Sachsen.^[5] • Klim - privat virksomhed^[6], der sigter mod et fuldt regenerativt landbrugssystem. Klim tilbyder en platform og forskellige tjenester.^[7]
Norge	<p>I Norges landbrugsdirektorat har man sammensat et nationalt program med fokus på jordsundhed. Formålet er at styrke viden og komme med forslag til udvikling af tiltag og virkemidler, som kan bidrage til at styrke jordsundheden. I nær fremtid vil direktoratet yde tilskud til projekter og forskning, som arbejder med tiltag og virkemidler, der potentielt styrker jordsundhed, herunder regenerativt jordbrug. Der differentieres ikke mellem økologisk og konventionelt jordbrug.</p> <p>I 2022 udgav Norges internationale klima- og skovinitativ (NICFI) en review rapport med fokus på regenerativt jordbrugs bidrag til biodiversitet, klima og udbytter (uden at skelne mellem økologisk og konventionelt jordbrug)^[8]. Review gennemgangen viser, at ingen eller lav jordbearbejdning har en positiv effekt på biodiversitet. Det samme gælder tiltag som skovlandbrug, samdyrkning af afgrøder, sædskifter og dækafgrøder. Med hensyn til kulstoflagring i jorden blev der ikke fundet nogen effekt af lav eller ingen jordbearbejdning. I forhold til udbytte er der ikke fundet en klar effekt af lav eller ingen jordbearbejdning. Rapporten påpeger desuden, at konteksten (faktorer såsom klima, topografi, jordtype, markstørrelse og afgrøde) har stor betydning for effekten af tiltag.</p>

^[1] Catch the Carbon – Research and Innovation Programme (2021-2024) er finansieret af det finske ministerium for landbrug og skovbrug. Mere information er tilgængelig her: https://mmm.fi/documents/1410837/22876822/EN_Hakuilmoitus+ohjelma+t%C3%A4ydennyshakuun+2021.pdf/b80952ba-3edd-a48f-eaba-a9bf546ddadc/EN_Hakuilmoitus+ohjelma+t%C3%A4ydennyshakuun+2021.pdf (Tilgået 13.06.2024).

^[2] Baltic Sea Action Group (BSAG) fremmer regenerativt landbrug. Mere information er tilgængelig her: <https://www.bsag.fi/en/carbon-action-en/>

^[3] Rapport (2023) 'Undersøgelses- og demonstrationsprojekt "regenerativt landbrug' (s.140). Mere information: [IFPP 10-2023 Untersuchungs- und Demonstrationsvorhaben regenerative Landwirtschaft](https://www.ifpp.de/10-2023-Untersuchungs-und-Demonstrationsvorhaben-regenerative-Landwirtschaft)

^[4] Research and Innovation Climate Protection in Agriculture Programme 2030 i Tyskland. Mere information: [BLE - Climate Protection in Agriculture; BLE - Federal Programme Humus](https://www.ble.de/Climate-Protection-in-Agriculture)

^[5] Grüne Brücke fremmer regenerativt landbrug. Mere information er tilgængelig her: <https://www.regenerative-landwirtschaft.de/>

^[6] Klim fremmer regenerativt landbrug. Mere information er tilgængelig her: <https://www.klim.eco/>

^[7] Regenerative landbrugsdefinitioner af virksomheder, der opererer globalt:

- Syngenta: <https://www.syngentagroup.com/regenerative-agriculture/>;
- Bayer: <https://www.bayer.com/en/agriculture/regenerativeag>;
- Cargill: <https://www.cargill.com/sustainability/regenerative-agriculture>

^[8] [Aligning-regenerative-agricultural-practices-with-outcomes-to-deliver-for-people-nature-climate-Jan-2023.pdf \(foodandlandusecoalition.org\)](https://www.foodandlandusecoalition.org/Aligning-regenerative-agricultural-practices-with-outcomes-to-deliver-for-people-nature-climate-Jan-2023.pdf)

2.5 Regenerativt landbrug i Danmark

Det danske landbrugsareal udgjorde i 2023 2,6 mio. ha., svarende til 61 % af Danmarks areal (Danmarks Statistik, 2023). Danmarks Statistik opgjorde, at arealet med pløjefri dyrkning, som også kaldes reduceret jordbearbejdning, udgjorde 667.000 ha i 2023, svarende til 25 % af produktionsarealet. Dyrkningsformen fylder relativt mere på Øerne end i Jylland. Det økologiske produktionsareal udgjorde i 2023 303.563 ha svarende til 12 % af det samlede indberettede produktionsareal i Danmark (Statistik over økologiske jordbrugsbedrifter, 2023).

Af relevans for princippet vedr. jorddække året rundt skal ordningen målrettet kvælstofregulering hente et indsatsbehov på ca. 3.500 tons kvælstof, hvilket svarer til ca. 365.000 ha efterafgrøder i 2024 (Landbrugsstyrelsen, 2024b).

Der findes endnu ingen statistik over det regenerativt dyrkede landbrugsareal i Danmark, hvilket kan tilskrives den manglende definition af begrebet.

Interessen for og organiseringen af landbrugere med interesse for regenerativt landbrug findes i en bred række af organisationer og foreninger som i f.eks. Innovationscenter for Økologisk Landbrug, SEGES Innovation, Foreningen Regenerativt Jordbrug, Biodynamisk Forening, Foreningen for Reduceret Jordbearbejdning i Danmark (FRDK), rådgivningsvirksomheder som f.eks. VKST, AGROVI og VELAS, samt adskillige mindre interessegrupper som f.eks. Den Grønne Ungdomsbevægelse, Andelsgaarde, Permakultur Danmark og Frie Bønder - Levende Land. Den spredte organisering og manglen på klare retningslinjer, for hvad der defineres som regenerativt landbrug, afspejles i manglende statistiske data for udbredelsen.

2.6 Forslag til principper for regenerativt landbrug i dansk økologisk kontekst

Når man forsøger at overføre de regenerative principper, som findes udbredt i den vestlige verden, til dansk kontekst, er det vigtigt at have for øje, hvor principperne har deres oprindelse. Klima og jordbund er væsentligt anderledes i Danmark end i de lande, hvor den regenerative bevægelse har sin største udbredelse. Det danske klima byder på milde vintre med overskudsnedbør og kølige somre. Kulstofindholdet i dansk landbrugsjord er relativt stabilt (Elsgaard et al. 2022), og samtidig har dansk landbrug nogle af verdens højeste udbytter, hvilket bl.a. hænger sammen med geologisk unge, frugtbare jorder, men også en tradition for landbrugsforskning og uvildig landbrugsrådgivning af høj kvalitet, samt intensive dyrkningssystemer.

De regenerative principper er til dels sammenfaldende med International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) økologiske principper. De økologiske principper omfatter:

- Sundhedsprincippet
- Kredsløbsprincippet
- Retfærdighedsprincippet
- Forsigtighedsprincippet

Disse principper giver en vision for at forbedre jordbrug i den bredeste forstand. Principperne er overordnede og helhedsorienterede. Principper for regenerativt landbrug kan betragtes som et bidrag til en mere specifik tilgang til at forbedre forskellige parametre af dansk økologisk landbrug.

Baseret på de gennemgående regenerative principper i afsnit 3.3, kan man opstille et scenarie, hvor principperne er tilpasset dansk økologisk kontekst, baseret på en forventning om, hvor der kan hentes de største effekter på klima, miljø, biodiversitet og dyrevelfærd.

Det scenarie, arbejdsgruppen har valgt at tage udgangspunkt i, kan sammenfattes til følgende 5 principper:

- Minimal forstyrrelse af jorden
- Levende plantedække året rundt
- Maksimal artsdiversitet
- Integration af husdyr og planteavl
- Recirkulering af ressourcer

Disse principper afviger særligt fra de i afsnit 3.2 nævnte gennemgående principper på følgende to punkter:

1. Principperne om *Jorddække året rundt* og *Levende rødder året rundt* er slået sammen til *Levende plantedække året rundt*.
2. Recirkulering af ressourcer er tilføjet som et femte princip, da det er afgørende for landbrugssystemerne, at næringsstoffer og organisk materiale recirkuleres i marken, og, når det fraføres marken, så vidt muligt bevares i eller tilbageføres til landbruget.

Principperne for regenerativt økologisk landbrug sammenholdes med IFOAM's fire principper for økologisk landbrug efter nedenstående gennemgang af hvert af de regenerative principper.

2.7 Princip 1: Minimal forstyrrelse af jorden

Dette princip har til formål at beskytte dyrkningsjorden ved at forstyrre jordstruktur og livet i jorden mindst muligt.

Ved minimal forstyrrelse af jorden menes både mindst mulig jordbearbejdning og færdsel med tunge maskiner, men også tilførsel af bestemte gødningstyper, biopesticider og miljøfremmede stoffer.

Intensiv jordbearbejdning forstyrrer og ødelægger regnormegange, rodkanaler og mykorrhiza- og andre svampehyfer, samt river mikrobielt og dødt organisk materiale i stykker, hvilket har betydning for en række vigtige funktioner i jorden som dyrkningsmedie. Dannelse af jordaggregater, vandinfiltration, transport af planterester og gødning til dybere jordlag, tilgængelighed af næringsstoffer og vand, rodvækst, omsætning og mineralisering af organisk stof mv. påvirkes. Derfor er der god grund til at reducere omfanget af jordbearbejdning, hvis man vil opbygge en mere naturligt struktureret og sund jord. I øko-

logisk dyrkning er pløjning og anden intensiv jordbearbejdning et vigtigt redskab for mange jordbrugere til at holde ukrudtstrykket nede, tilberede et godt såbed og få kold jord varmet op i foråret inden såning, samt for at kunne udnytte forfrugtsværdien af efterafgrøder og græsmarker gennem øget omsætning af planterester ved nedmuldning. Der findes og anvendes en række værktøjer til at reducere antal og intensitet af jordbearbejdninger i økologisk landbrug, såsom øverlig pløjning (skræpløjning), rækkedyrkning med radrensning (RowCrop-systemet), flerårige kløvergræsmarker, efterafgrøder etableret som udlæg, arts- og sortsvalg med fokus på afgrødens konkurrencedygtighed m.m.

Færdsel med tunge maskiner kan føre til tryk-skader i marken, som kan føre til pakning i pløjelaget, men også i dybereliggende lag, hvor jordstrukturen er meget vanskelig at genoprette. Konsekvensen er, at vand har svært ved at infiltrere jorden, og der kan opstå vandmættede og iltfattige forhold. Dette kan føre til uønskede emissioner af klimagasserne metan (CH_4) og lattergas (N_2O), som øges, når jordens porer er vandfyldte. Samtidig er det sværere for regnorme og rødder at gennemtrænge de kompakte lag, hvis modstanden i jorden er over 2 MPa. Tryk-skader forebygges ved at vente med færdsel til jordens vandindhold er faldet, så jorden bedre kan bære maskinerne. I de øverste jordlag kan skader desuden forebygges ved at køre med reduceret dæktryk, og i de dybere jordlag ved at køre med lavere totalvægt og aksellast. En mulighed er også at anlægge faste kørespor, hvor færdsel koncentrerer. En kombination af pløjefri dyrkning og reduktion af kørsel vha. faste kørespor kan øge udbytter, rodvækst og jordens kvælstofmineralisering (Hefner et al. 2019).

Organisk gødning fungerer som fødekilde for de saprotrofe organismer, der lever i jorden, og stimulerer således jordens mikrobielle samfund. I et dansk studie i økologiske grøntsagssædskifter havde plante-baseret gødning og kompost med et højt indhold af organisk stof en positiv effekt på jordens evne til kvælstofmineralisering. Dette var i sammenligning med svinegylle, der havde et højt indhold af mineralsk kvælstof (Shanmugam et al. 2022).

2.8 Princip 2: Levende plantedække året rundt

Formålet med dette princip er at beskytte overjorden mod vejrestremer, og deraf følgende erosion, og sikre et fødegrundlag for jordens liv. Desuden medvirker levende plantedække til reduktion af nitratudvaskning til vandmiljøet og øger kulstofinputtet til jorden. Princippet er en sammenlægning af principperne om *Jorddække året rundt* og *Levende rødder året rundt*.

I naturlige biotoper, som vi kender fra Danmark, er jordoverfladen næsten altid dækket af planter eller planterester, hvilket beskytter jorden mod vind- og vanderosion og reducerer udsving i fugtighed og temperatur. Bar jord absorberer også mere af energien fra solens lys som varme, hvilket kan hæmme den mikrobielle aktivitet i de øvre jordlag (Kot et al., 2015). Når jorden er dækket af levende planter året rundt, tilføres organisk materiale og kemiske forbindelser via rødder og rodeksudater, når rødder dør, og så længe der er aktiv fotosyntese. Rod-eksudater er afgørende for udveksling af vand og næring med mikroorganismer i jorden, og planter kan aktivt ændre eksudaternes sammensætning for at tiltrække specifikke, ønskede arter af mikrobielle samarbejdspartnere (Hugoni et al., 2018; Shi et al.,

2011). Jordens fauna, herunder regnorme, nematoder og insekter, samt mikroorganismer som bakterier og svampe hjælper med at nedbryde og indarbejde dødt plantemateriale i jorden.

I Danmark er det muligt at have et plantedække over jorden i en meget stor del af året ved at planlægge sædskifter med undersåede udlæg af mellemafgrøder forud for vintersæd, overvintrende efterafgrøder efter énårige afgrøder og før vårafgrøder og flerårige afgrøder såsom kløvergræs. Det er optimalt, at disse etableres som udlæg i vårafgrøder eller alternativt hurtigst muligt efter høst, når undersåning ikke er mulig eller udviklet endnu. Kløvergræs og andre efterafgrøder med bælgssæd bidrager samtidig med en række andre positive effekter i sædskiftet i form af kvælstoffiksering, ukrudsreducerende effekt ved afslåning, reduktion af nitratudvaskning mv. Flerårige energiafgrøder, efterafgrøder uden bælgssæd eller bevarelse af kålstok efter høst kan også være en del af løsningen.

2.9 Princip 3: Maksimal artsdiversitet

Formålet med dette princip er, at udnytte den robusthed og modstandsdygtighed der opstår med øget diversitet.

Naturlige systemer har en stor diversitet og kompleksitet, hvor arterne optager forskellige økologiske nicher, dvs. de komplementerer hinanden, men konkurrerer også, hvor nicherne overlapper. Komplementerende arter giver en række positive synergieffekter, som overstiger den enkelte arts bidrag til økosystemet. Princippet har således rod i en tilgang om, at en art dyrket i renbestand er mindre modstandsdygtig, og dermed mindre dyrkningssikker, end en artsblanding. Artsdiversiteten har også en betydning for forekomsten af nyttedyr og bestøvere samt begrænsning af sygdomme og skadedyr i landbrugssystemet. Artsdiversiteten skal tænkes rumligt, men også over tid i kraft af sunde sædskifter med vekslen mellem afgrøder fra forskellige plantefamilier. Inden for en art har den genetiske diversitet også betydning for dyrkningssikkerhed og udbytter – det er f.eks. velkendt, at anvendelse af sortsblandinger af hvede kan mindske angreb af svampesygdomme og øge udbytter (Kristoffersen et al., 2020, Vestergaard og Jørgensen 2024).

En øget overjordisk artsdiversitet kan opnås ved, at flere arter inkluderes i sædskiftet, i græsmarksblandinger, i mellem- og efterafgrødeblandinger, og ved samdyrkning af hovedafgrøder, undersåning af efterafgrøder m.m. Indenfor den enkelte art kan man også drage fordel af sortsblandinger. Samdyrkning af arter med komplementære rodsystemer og kvælstofbehov kan give højere udbytte og lavere risiko for nitratudvaskning (Xie og Kristensen, 2017; Shanmugam et al. 2022a), og samdyrkning kan stimulere mykorrhiza-dannelse (Shanmugam et al. 2022b). Når der refereres til artsdiversitet, inkluderer det også den mikrobielle artsdiversitet i jorden, som påvirkes af artsdiversiteten over jorden. Når man har en høj artsdiversitet, f.eks. i en efterafgrødeblanding med plantearter, der har forskellige rodtyper, så skabes der grobund for en øget mikrobiel diversitet i jorden (Gentsch et al., 2020). Det mikrobielle liv i jorden varetager en lang række essentielle økosystemfunktioner (Paul, 2007). En vigtig funktion er omsætning af organisk materiale, så næringsstoffer gøres tilgængelige for planter og mikrober. Andre mikroorganismer kan fiksere kvælstof. Heraf er nogle fritlevende, mens andre er afhængige af at indgå i

symbiose med eller snylte på planter. Mykorrhizasvampe kan siges at forlænge planternes rodnet, hvorved de forsyner planterne med næringsstoffer og vand i bytte for fotosynteseprodukter, såsom sukkerstoffer og fedtsyrer (Bennett & Groten, 2022). Desuden har mikrobiel biomasse en vigtig betydning for langvarig kulstofindlejring i jorden. Bl.a. de svampederiverede glomalinrelaterede jordproteiner (GRSP) fremhæves ofte for deres medvirken til øget dannelse og stabilitet af jordaggregater, som beskytter indeholdt kulstof mod yderligere nedbrydning (Gao et al., 2019). En anden vigtig effekt ved forbedret aggregering, og dermed jordstruktur, er, at det øger jordens vandinfiltration, vandholdende evne og kationbytningskapacitet, dvs. evnen til at tilbageholde og frigive næringsstoffer efter behov fra planter og mikrober (Bedel et al., 2018). Derudover mindskes risikoen for næringsstofudvaskning og jorderosion med øget aggregatstabilitet (Lavelle et al., 2020) (Bronick & Lal, 2005). En god jordstruktur gør det lettere at etablere et godt såbed, og gør marken farbar i en større del af året (Atkinson et al., 2009). Mikroorganismene fungerer også som fødegrundlag for smådyr i jorden, og visse af dem kan regulere plantesygdomme (Ghorbani et al., 2008). Der er således evidens for mikroorganismers vigtige rolle for jordens sundhed, men den direkte sammenhæng til høj mikrobiel artsdiversitet eller regenerativ praksis er ikke veldokumenteret.

For yderligere at skabe habitater for nyttedyr mv. kan der implementeres forskellige biodiversitetstiltag på bedriften f.eks. i form af småbiotoper, læhegn, skov, vådområder o.l.

2.10 Princip 4: Integration af husdyr og planteavl

Formålet med dette princip er dels at bruge husdyr aktivt til at udføre økosystemtjenester, f.eks. til at opbygge en sund jord gennem styret afgræsning, og dels at øge dyrevelfærden ved at lade dyrene have adgang til at udleve deres naturlige adfærd i videst muligt omfang. Princippet forstås typisk bredt og er ikke et krav om, at alle bedrifter skal have husdyr. I stedet fremmes samarbejder såsom jordbytte mellem bedrifter med og uden husdyr. De bedrifter, der har husdyr, bør integrere afgræsning i en større del af sædskiftet, i stedet for, som det ofte ses på kvægbedrifter, at have marker tæt på gården til afgræsning, er målet at give dyrkningsjorden en pause fra jordbearbejdning, mens jorden er dækket af et levende og artsdiverst plantedække. Ud over kløvergræs er det også en mulighed at afgræsse mellem- og efterafgrøder, hvilket vil give et øget incitament til dyrkning af disse og opretholdelse af et plantedække året rundt.

I den økologiske jordbrugsproduktion er der en vis integration af husdyr allerede grundet forbuddet mod brug af kunstgødning. Der er ligeledes krav om, at dyrene skal have permanent adgang til udearealer (Landbrugsstyrelsen, 2024). I Danmark er det tilpasset de forskellige dyrearter, der holdes på bedriften og afgræsningsperioden er defineret i Bekendtgørelse om økologisk jordbrugsproduktion (Landbrugsstyrelsen (2024)). Men der kan arbejdes med at få drøvtyggerne rundt til flere marker i rotationsafgræsning. Der kan også være muligheder i teknologiske løsninger som mobile stalde og/eller malkeroboter, som dog ofte medfører en række praktiske udfordringer. I grøntsagsproduktion, hvor gødningsbehovet er stort, er der sjældent integration af husdyr på bedriften, men der ses flere producenter med et formaliseret jordskifte mellem f.eks. malkekvægbrug og grøntsagsbrug, og der bruges helårsgrøngødning til at give jorden ro.

Multifunktionelt husdyrhold kan bidrage til dyrevelfærd og økosystemtjenester ved at øge diversiteten (Wang et al., 2019), og samtidig tjene mere lavpraktiske formål. Det kunne f.eks. være afpudsning af frøgræsmarker med får, naturpleje, oprydning af spildfrø med fjerkræ, sneglebekæmpelse med ænder, grise i skov mv.

2.11 Princip 5: Recirkulering af ressourcer

Princippet om recirkulering har primært til formål at slutte næringsstofkredsløbet, så der sker en mere effektiv opsamling af næringsstoffer af planterødder og en større tilbageførsel af fraførte næringsstoffer. Udnyttelsen af næringsstoffer og restprodukter forbedres på mark- og gårdniveau, så der er et mindsket behov for ekstern tilførsel af gødning.

Fodring af husdyr med restprodukter fra planteproduktion, bioraffinering af græsprotein, gylleseparering og fraktionering af biogasdigestat hører også under dette princip. Komposterede biomasser har desuden en jordforbedrende effekt.

Tab af næringsstoffer fra agroøkosystemet er både en belastning for landbrugerens økonomi, samt miljø og klima, og en øget recirkulering og udnyttelse af næringsstoffer vil bidrage til at mindske landbrugsproduktionens miljø- og klimabelastning.

Princippet dækker også bredere over tilbageholdelse og genanvendelse af andre ressourcer på bedriften, inspireret af bl.a. Holmgrens sjette permakulturdesignprincip "Produce no waste" (Holmgren, 2002).

Endelig kan marine input, såsom tangbaserede foder- eller gødningsprodukter, også siges at have en plads under dette princip, i hvert fald, hvis de oprinder fra nationale, kystnære farvande, idet betydelige mængder af kvælstof udvaskes fra landbruget til havmiljøet, og opsamling eller dyrkning af muslinger, tang og andre alger i nogen grad kan medvirke til remediering af dette problem (Bruhn et al., 2020; Marinho et al., 2015).

Princippet om recirkulering af næringsstoffer er for økologisk jordbrug i 2023 undersøgt i en vidensyntese "Næringsstofforsyning og -recirkulering i økologisk jordbrug – udviklingsmuligheder og barrierer for vækst" (Eriksen et al., 2023). Det beskrives hvorledes forskelligartede kilder ved recirkulering kan række til at fordoble det økologiske areal i Danmark, i et scenarie hvor husdyrproduktionen fastholdes på 2023-niveau.

Biokul anses som et gødningsprodukt og ikke som affald, og økologiske landmænd må udbringe biokul hele året uden nedfældning (Landbrugsstyrelsen, 2023). Indtil videre er det kun tilladt at anvende biokul fremstillet af plantemateriale og altså ikke af husdyrgødning, gyllefibre eller spildevandsslam. Biokul vil således kunne betragtes som værende inden for rammerne af regenerativt landbrug i en økologisk kontekst med de ovennævnte begrænsninger. Viden om anvendelse af biokul i dansk landbrug er samlet i en Vidensyntese (Elsgaard et al., 2022). Denne vidensyntese sammenfatter baggrund for og aktuel viden om anvendelsen af biokul i landbrugsjord, med fokus på danske forhold og baseret på

pyrolyse af relevante biomasser (feedstocks) som halm, afgassede fibre fra biogasanlæg og spildevandsslam.

Den manglende recirkulering af de næringsstoffer, som er eksporteret fra landbrugsbedrifterne som fødevarer til humant konsum og siden indgår i puljen af konventionelt spildevand, er ikke inddraget i videnssynthesen, da spildevand og slam fra rensningsanlæg ikke er godkendt som gødning i økologisk landbrug.

2.12 Princip 1-5

De fem principper for regenerativt landbrug har samlet set til formål at bidrage til at opretholde og forbedre jordens sundhed ved at arbejde med naturens egne processer. Ved at minimere forstyrrelsen af jorden bevares dens struktur og det mikrobielle liv, som er afgørende for jordens frugtbarhed og evne til at understøtte afgrøder. Et vedvarende plantedække har til formål at beskytte jorden mod erosion, regulere temperatur og fugtighed, recirkulere næringsstoffer fra jorden og samtidig tilføre organisk materiale, som understøtter det biologiske samspil i jorden. Øget artsdiversitet i afgrødesystemer har til formål at gøre dem mere robuste ved at fremme en bredere vifte af økosystemtjenester, såsom naturlig skadedyrsbekæmpelse og forbedret næringsstofudnyttelse og -omsætning. Integration af husdyr og husdyrgødning i planteavlssystemer skal bidrage til at forbedre jordens struktur og øge biodiversiteten. Endelig sikrer recirkulering af ressourcer, at næringsstoffer og restprodukter genbruges effektivt for at reducere miljø- og klimapåvirkningen og understøtter et mere lukket og bæredygtigt næringsstofkredsløb. Tilsammen danner disse principper grundlaget for en regenerativ landbrugspraksis, der ikke blot fokuserer på produktivitet, men også på langsigtet jord- og miljøsundhed.

Referencer

- Arla (2024). Regenerative Dairy Farming. How dairy farms can contribute to the fight against climate change and biodiversity loss. <https://www.arla.com/sustainability/the-land/regenerative-dairy-farming/>
- Atkinson, B. S., Sparkes, D. L., & Mooney, S. J. (2009). Effect of seedbed cultivation and soil macrostructure on the establishment of winter wheat (*Triticum aestivum*). *Soil and Tillage Research*, 103(2), 291-301.
- Bedel, L., Legout, A., Poszwa, A., van Der Heijden, G., Court, M., Goutal-Pousse, N., ... & Ranger, J. (2018). Soil aggregation may be a relevant indicator of nutrient cation availability. *Annals of Forest Science*, 75, 1-12.
- Bennett, A. E., & Groten, K. (2022). The costs and benefits of plant–arbuscular mycorrhizal fungal interactions. *Annual Review of Plant Biology*, 73(1), 649-672.
- Bronick, C. J., & Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1-2), 3-22.
- Bruhn, A., Flindt, M. R., Hasler, B., Krause-Jensen, D., Larsen, M. M., Maar, M., ... & Timmermann, K. (2020). Marine virkemidler: beskrivelse af virkemidlernes effekter og status for vidensgrundlag.
- Carlsberg (2023) Carlsberg Group plans expanded regenerative barley usage across brands in the UK, Finland and France. <https://www.carlsberggroup.com/newsroom/carlsberg-group-plans-expanded-regenerative-barley-usage-across-brands-in-the-uk-finland-and-france/>
- Danmarks statistik, 2023. www.statistikbanken.dk/AFG6
- Edwards, C. A., Lal, R., Madden, P., Miller, R. H. and House, G. (eds) 1990 Sustainable agricultural systems. Soil and Water Conservation Society, Iowa 696 p.
- Elsgaard, L., Harbo, L. S., Munkholm, L. J., & Gyldenkerne, S. (2022). Status og udvikling i kulstofindholdet i mineraljorde.
- Elsgaard L., Adamsen S. A. P., Henrik B. Møller B. H., Winding A., Jørgensen U., Mortensen Ø. E., Arthur E., Abalos D., Andersen N. M., Thers H., Sørensen P., Dilnessa A. A. & Elofsson K. Knowledge synthesis on biochar in Danish agriculture. 166 pg. – DCA advisory report No. 208, 2022 (VIDENSYNTSE OM BIO-CHAR I DANSK LANDBRUG): DCA rapport 208.
- Eriksen, J., Sørensen, P., Møller, H. B., Kristensen, H. L., Elsgaard, R., Hermansen, S., Laursen, C., Magid, J., Jensen L.S. & Jespersen, L. M. (2023). Næringsstofforsyning og-recirkulering i økologisk jordbrug-udviklingsmuligheder og barrierer for vækst. 112 sider. Vidensyntese fra ICROFS – Internationalt Center for Forskning i Økologisk Jordbrug og Fødevarer-systemer, Aarhus Universitet.
- Farooq, M., Siddique, K. (2015). Conservation Agriculture: Concepts, Brief History, and Impacts on Agricultural Systems. In: Farooq, M., Siddique, K. (eds) Conservation Agriculture. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-11620-4_1
- Gabel, M. (1979). Ho-Ping: A world scenario for food production. Philadelphia, PA, USA: World Game Institute
- Gao, W. Q., Wang, P., & Wu, Q. S. (2019). Functions and application of glomalin-related soil proteins: a review. *Sains Malays*, 48(1), 111-119.
- Gentsch, N., Boy, J., Batalla, J. D. K., Heuermann, D., von Wirén, N., Schweneker, D., ... & Guggenberger, G. (2020). Catch crop diversity increases rhizosphere carbon input and soil microbial biomass. *Biology and Fertility of soils*, 56, 943-957.,

- Ghorbani, R., Wilcockson, S., Koocheki, A., & Leifert, C. (2008). Soil management for sustainable crop disease control: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 6, 149-162.
- Giller, K. E., Hijbeek, R., Andersson, J. A., & Sumberg, J. (2021). Regenerative Agriculture: An agronomic perspective. *Outlook on Agriculture*, 50(1), 13-25. <https://doi.org/10.1177/0030727021998063>
- Hefner, M., Labouriau, R., Nørremark, M., & Kristensen, H. L. (2019). Controlled traffic farming increased crop yield, root growth, and nitrogen supply at two organic vegetable farms. *Soil and Tillage research*, 191, 117-130.
- Holmgren, D. (2002). *Principles & pathways beyond sustainability*. Holmgren Design Services, Hepburn. 286p.
- Hugoni, M., Luis, P., Guyonnet, J., & Haichar, F. E. Z. (2018). Plant host habitat and root exudates shape fungal diversity. *Mycorrhiza*, 28(5), 451-463.
- Ingram, M. (2007). "Biology and Beyond: The Science of 'Back to Nature' Farming in the United States." *Annals of the Association of American Geographers* 97 (2): 298-312. doi:10.1111/j.1467-8306.2007.00537.x.
- Kristoffersen, R., Heick, T. M., Müller, G. M., Eriksen, L. B., Nielsen, G. C., & Jørgensen, L. N. (2020). The potential of cultivar mixtures to reduce fungicide input and mitigate fungicide resistance development. *Agronomy for Sustainable Development*, 40, 1-10.
- Kristoffersen, R., Jørgensen, L. N., Eriksen, L. B., Nielsen, G. C., & Kiær, L. P. (2020). Control of *Septoria tritici* blotch by winter wheat cultivar mixtures: meta-analysis of 19 years of cultivar trials. *Field Crops Research*, 249, 107696.
- Kot, A., Frąc, M., Lipiec, J., & Usowicz, B. (2015). Biological activity and microbial genetic diversity of bare-fallow and grassland soils. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 65(7), 648-657.
- Lavelle, P., Spain, A., Fonte, S., Bedano, J. C., Blanchart, E., Galindo, V., ... & Zangerlé, A. (2020). Soil aggregation, ecosystem engineers and the C cycle. *Acta Oecologica*, 105, 103561.
- LBST (2023). *Borgerresumé af forslag til den danske CAP-plan 2023-27*. Landbrugsstyrelsen. 16 p.
- LBST, (2024). *Statistik over økologiske jordbrugsbedrifter 2023*. Landbrugsstyrelsen. 60p.
- Landbrugsstyrelsen. (2023). *Gødskningsbekendtgørelse*,
- Landbrugsstyrelsen (2024). *Vejledning om økologisk jordbrugsproduktion, 2024*. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Landbrugsstyrelsen. 352 p.
- Landbrugsstyrelsen (2024b) *Vejledning om obligatoriske målrettede efterafgrøder 2024*, Landbrugsstyrelsen, 22 p.
- Luhmann, N. (1989). *Ecological communication*. University of Chicago Press. 187 p.
- Marinho, G. S., Holdt, S. L., Birkeland, M. J., & Angelidaki, I. (2015). Commercial cultivation and bioremediation potential of sugar kelp, *Saccharina latissima*, in Danish waters. *Journal of applied phycology*, 27, 1963-1973.
- Mollison, B., & Holmgren, D. (1978). *Permaculture one. A perennial agriculture for human settlements* (p. 128pp).

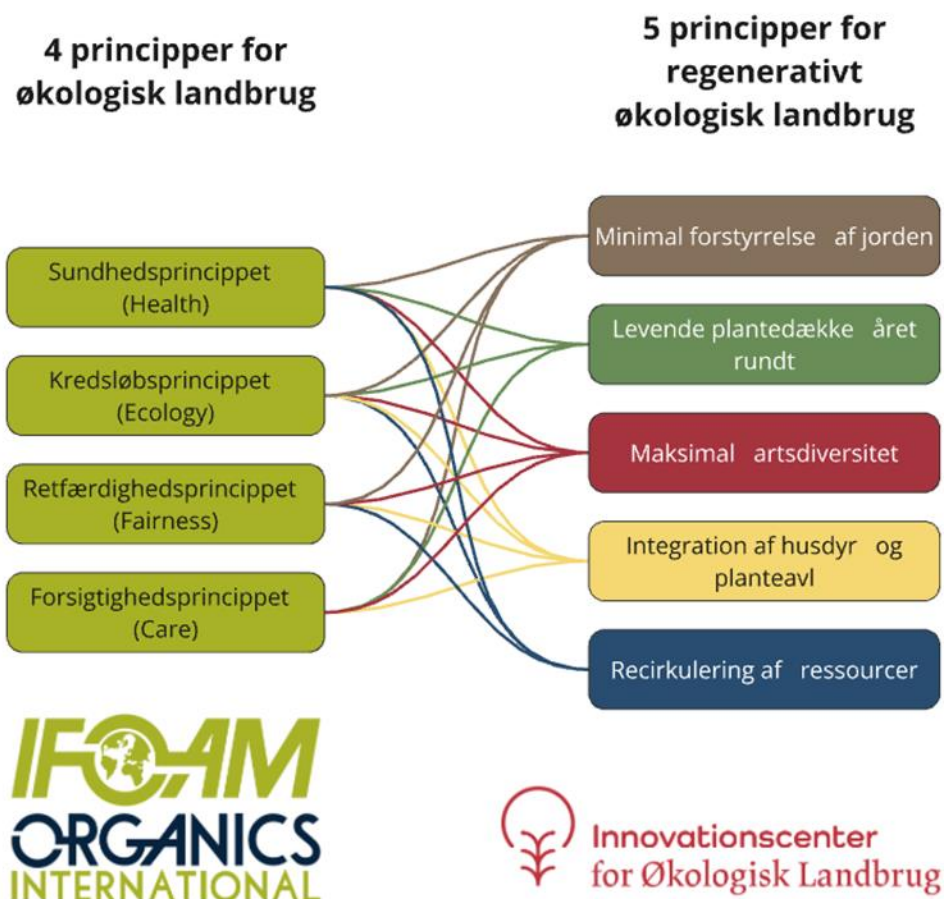
- Morel, K., Léger, F., & Ferguson, R. S. (2019). Permaculture. *Encyclopedia of Ecology*, 2nd edition, 4, 559-567.
- Munkholm, L. J., Hansen, E. M., Melander, B., Kudsk, P., Jørgensen, L. N., Heckrath, G. J., Ravnskov, S. og Axel-sen, J. (2020) Vidensyntese om Conservation Agriculture. Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. 134 s. - DCA rapport nr. 177.
- Natural Resources Conservation Service 2024. A Brief History of NRCS. <https://www.nrcs.usda.gov/about/history/brief-history-nrcs>
- Natural Resources Conservation Service 2024. Soil Health. <https://www.nrcs.usda.gov/conservation-basics/natural-resource-concerns/soils/soil-health>
- Netslé (2024). The Nestlé agricultural framework. <https://www.nestle.com/sites/default/files/2022-07/nestle-agriculture-framework.pdf>
- Newton, P., Civita, N., Frankel-Goldwater, L., Bartel, K., & Johns, C. (2020). What is regenerative agriculture? A review of scholar and practitioner definitions based on processes and outcomes. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 577723.
- Paul, E. A. (2007). Soil microbiology, ecology, and biochemistry in perspective. In *Soil microbiology, ecology and biochemistry* (pp. 3-24). Academic Press.
- Penn, L. 2023. Six Principles of Regenerative Agriculture, Explained. Ceres Rural. <https://ceresrural.co.uk/blogs/six-principles-of-regenerative-agriculture-explained/>
- Pepsico (2024). PepsiCo's Regenerative Agriculture Scheme Rules. https://www.pepsico.com/docs/default-source/sustainability-and-esg-topics/pepsico-regenerative-agriculture-scheme-rules.pdf?sfvrsn=25257b38_7
- Regenerative Organic Alliance (ROA), 2023. Framework for Regenerative Organic Certified®, Version 4.1, 49p. <https://regenorganic.org/wp-content/uploads/2023/03/Regenerative-Organic-Certified-Framework.pdf>
- Regenerative Organic Alliance (ROA), 2024. Hjemmeside. <https://regenorganic.org/why-regenerative-organic/>
- Rodale, R. (1986). Learning to Think Regeneratively. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 6(1), 6-13. <https://doi.org/10.1177/027046768600600104>
- Rodale, R. (1986). Learning to think regeneratively. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 6(1), 6-13.
- RASE, 2022. Farm of the Future: Journey to Net Zero. The Royal Agricultural Society of England. 123p.
- The principles of regenerative agriculture. <https://www.rase.org.uk/news/the-principles-of-regenerative-agriculture/>
- Savory, A., & Butterfield, J. (2016). *Holistic management: a commonsense revolution to restore our environment*. Island Press. 532p.
- Shanmugam, S., Hefner, M., Labouriau, R., Trinchera, A., Willekens, K., & Kristensen, H. L. (2022a). Intercropping and fertilization strategies to progress sustainability of organic cabbage and beetroot production. *European Journal of Agronomy*, 140, 126590.
- Shanmugam, S., Hefner, M., Pelck, J. S., Labouriau, R., & Kristensen, H. L. (2022b). Complementary resource use in intercropped faba bean and cabbage by increased root growth and nitrogen use in organic production. *Soil use and management*, 38(1), 729-740.

- Shi, S., Richardson, A. E., O'Callaghan, M., DeAngelis, K. M., Jones, E. E., Stewart, A., ... & Condrón, L. M. (2011). Effects of selected root exudate components on soil bacterial communities. *FEMS microbiology ecology*, 77(3), 600-610.
- Soloviev, E. R., & Landua, G. (2016). Levels of regenerative agriculture. Terra Genesis International.
- Tittonell P, Piñeiro G, Garibaldi LA, Dogliotti S, Olff H, Jobbágy EG. 2020. Agroecology in large scale farming—a research agenda. *Front. Sustain. Food Syst.* 4:584605
- Tittonell, P., El Mujtar, V., Felix, G., Kebede, Y., Laborda, L., Luján Soto, R., & de Vente, J. (2022). Regenerative agriculture—agroecology without politics?. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 844261.
- Unilever, 2021. The Unilever regenerative agriculture principles with Implementation Guides 2021. <https://www.unilever.com/files/92ui5egz/production/489410442380812907bc3d97be02ccda1a44ab4b.pdf>
- Vestergaard, N. F., & Jørgensen, L. N. (2024). Variety mixtures of winter wheat: a general status and national case study. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 1-10.
- Wang, L., Delgado-Baquerizo, M., Wang, D., Isbell, F., Liu, J., Feng, C., ... & Liu, C. (2019). Diversifying livestock promotes multidiversity and multifunctionality in managed grasslands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(13), 6187-6192.
- Wibbing, J. R. (2020). Utilization of alternative phosphorus resources by regenerative agriculture practice based on mycorrhizal fungi and biostimulants for restoration of Lake Chamo watershed, Ethiopia (Doctoral dissertation).
- Wood, D. 2023. The Six Principles of Regenerative Farming: Why are they important? AgriCaptureCO2. <https://agricaptureco2.eu/the-six-principles-of-regenerative-farming-why-are-they-important/>
- Xie, Y., & Kristensen, H. L. (2017). Intercropping leek (*Allium porrum* L.) with dyer's woad (*Isatis tinctoria* L.) increases rooted zone and agro-ecosystem retention of nitrogen. *European Journal of Agronomy*, 82, 21-32.

3 Sammenhængen mellem de økologiske og de regenerative principper

Forfatter: Jon Aagaard Enni (ICOEL)

Som behandlet i afsnit 2.2 udspringer den regenerative bevægelse direkte af den økologiske bevægelse. Derfor er der ingen umiddelbare modsætninger imellem "økologisk tænkning" og "regenerativ tænkning". Økologisk landbrug og regenerativt landbrug deler målsætninger, og ICOEL's/arbejdsgruppens 5 principper for regenerativt økologisk landbrug bør derfor ikke ses som et alternativ til de økologiske principper, men snarere et supplement, som har til formål at operationalisere de økologiske principper i videst mulig udstrækning. I det følgende forklares sammenhængene lidt nærmere. Nedenfor gennemgås først IFOAM's 4 principper for økologisk landbrug i generelle termer, efterfulgt af en gennemgang af hvordan principperne for regenerativt økologisk landbrug bidrager til at opfylde målsætningerne i de økologiske principper.



Figur 3.1 IFOAM's 4 principper for økologisk landbrug

I den danske oversættelse af dokumentet *Principles of Organic Farming* (IFOAM, 2020), forklares principperne således:

- "*Sundhedsprincippet* [Principle of Health, red.]: Økologisk jordbrug bør opretholde og forbedre jordens, planternes, dyrenes, menneskenes og planetens sundhed som en udelelig enhed."
- "*Kredsløbsprincippet* [Principle of Ecology, red.]: Økologisk jordbrug bør bygge på levende økologiske systemer og kredsløb, samarbejde med dem, efterligne dem og hjælpe med at bevare dem."
- "*Retfærdighedsprincippet* [Principle of Fairness, red.]: Økologisk jordbrug bør bygge på forhold, der sikrer retfærdighed med hensyn til det fælles miljø og livsmuligheder."
- "*Forsigtighedsprincippet* [Principle of Care, red.]: Økologisk jordbrug bør drives på en forsigtig og ansvarlig måde for at beskytte nuværende og fremtidige generationers sundhed og trivsel og tage vare på miljøet." (IFOAM, 2022)

Tabel 3.1 De 5 udvalgte regenerative princippers bidrag til målsætningen i IFOAM's 4 principper

	Sundhedsprincip- pet (Health)	Kredsløbsprincip- pet (Ecology)	Retfærdigheds- princippet (Fairness)	Forsigtighedsprin- cippet (Care)
Minimal forstyr- relse af jorden	Jordsundhed	Øget omsætning af organisk stof	Jordressourcen forbedres/bevares til gavn for fremtidige generationer	Fremmer økosystemprocesser, inkl. ukendte
Levende plante- dække året rundt	Jord- og afgrødesundhed	Tilbageholdelse/udnyttelse af næringsstoffer	Jordressourcen forbedres/bevares til gavn for fremtidige generationer	Fremmer økosystemprocesser, inkl. ukendte
Maksimal artsdi- versitet	Jord-, plante- og husdyrsundhed	Tilbageholdelse/udnyttelse af næringsstoffer	Resiliens i landbrug = lavere risiko for landbrugeren	Fremmer økosystemprocesser, inkl. ukendte
Integration af hus- dyr og planteavl	Husdyr- og jordsundhed	Efterligner naturlige processer	Dyr udlever naturlig adfærd mest muligt	Fremmer økosystemprocesser, inkl. ukendte
Recirkulering af ressourcer	Økosystemsundhed	Alt recirkuleres i naturen	Mindre affald, forurening og afhængighed af globale forsyningskæder	Kan være i modstrid med "Care"

3.1 Forskelle og ligheder mellem almindelig dansk økologi og regenerativ økologi

Det er ikke umiddelbart muligt at opstille forskellene mellem "almindelig økologi" og "regenerativ økologi" dikotomisk. For det første er regenerativt landbrug, som behandlet tidligere i denne rapport, udsprunget direkte af den økologiske bevægelse, hvilket betyder, at der ikke findes direkte modsætninger imellem de to tilganges formål og hensigter, i hvert fald teoretisk. For det andet er det et åbent spørgsmål, om regenerativt landbrug skal defineres på baggrund af 1) forbud mod og påbud om konkrete praksistiltag (ligesom økologireglerne), eller 2) målsætninger for målbare resultater/effekter af regenerative metoder, f.eks. kulstofopbygning, biodiversitet i landbrugsnaturen og næringsstofudnyttelseseffektivitet. Hvor alm. økologisk praksis kan defineres ved, om økologireglerne overholdes, er regenerativt landbrug indtil videre alene defineret ved hensigten om at regenerere agro-økosystemerne. Flere af de certificerings- og verifikationsordninger for regenerativt landbrug, som findes internationalt, forsøger at sætte regler for målbare resultater. Det ses f.eks. i flere af de ordninger, som ikke kræver forudgående

økologificering, at der er regelsatte påbud om at reducere syntetiske input år for år, men disse påbudte reduktioner er typisk ikke fastsat kvantitativt (Regenified, 2024; Soil Carbon Initiative (SCI), 2022; A Greener World, 2024). Visse ordninger kræver, i lighed med økologireglerne, at enhver brug af pesticider retfærdiggøres som sidste udvej, ved udtømmende logning af allerede afprøvede IPM-tiltag forud for pesticidbehandlingen (A Greener World, 2024; FoodChain ID, 2024). Nogenlunde det samme gør sig i andre ordninger gældende for jordbearbejdning, hvor enhver behandling skal logges med en begrundelse for dens nødvendighed (Regenerative Organic Alliance (ROA), 2023; Advancing Eco Agriculture (AEA), 2024). Nogle af ordningerne kræver, at "jordens kulstofpulje" øges kontinuerligt (SCI, 2022; Regenified, 2024), men der er store metodiske udfordringer med den efterspurgte bevisførelse. Eksemplerne SCI og Regenified kræver nemlig kun én dybde for udtagning af jordprøver på 30 cm (12"), dvs. i pløjelaget. En lang række videnskabelige artikler har kritiseret denne tilgang og argumenteret for, at det ikke kan siges med sikkerhed ud fra de målte resultater, om jordens samlede kulstofpulje øges hele vejen ned igennem jordprofilen over tid (Olson & Al-Kaisi, 2015, Ogle et al., 2019; Powlson et al., 2014; Sun et al., 2020). Olson & Al-Kaisi, (2015) anbefaler derfor, at prøveudtagning sker i hele rodzonens dybde, når målet er at kvantificere ændringer i jordens kulstofpulje over tid som følge af praksisændring. En sådan tilgang vil dog umiddelbart kun være praktisk mulig i enårige afgrøder, idet flerårige afgrøder kan have rødder både 2, 3 og 4 meter ned i jordprofilen, og selv i enårige afgrøder vil tilgangen være særdeles vanskelig at anvende, af den simple grund, at rodzonens dybde på en given mark ikke kendes på forhånd. Desuden ville standardiseret prøvetagning i 1+ meters dybde fordyre prøvetagningen markant, sammenlignet med nuværende praksis.

Med disse forbehold in mente forsøges det i de følgende afsnit at give et bud, hvor regenerativ økologi, som defineret af de fem valgte principper, adskiller sig væsentligt fra almen økologisk praksis. Sammenligningen foretages mellem ekspertvurderinger af alm. økologisk praksis, og udvalgte krav til landbrugere, som er certificerede via den amerikanske certificeringsordning, Regenerative Organic Certified (Regenerative Organic Alliance, 2023). ROC der certificerer bedrifter over hele verden, forudsætter forudgående økologificering (lige som mærkningen for biodynamisk landbrug, Demeter) og så vidt, ICOEL er informeret, er ganske få europæiske bedrifter ROC-certificerede - indtil videre ingen i Danmark. ROC certificerer bedrifter og produkter til tre niveauer af "regenerativitet", Bronze, Sølv og Guld, som det kendes fra det danske Økologiske Spisemærke.

Sammenligningen er rent hypotetisk, og afspejler ikke som sådan forskellen mellem "almindelige" økologer og "regenerative" økologer i Danmark anno 2024:

Minimal forstyrrelse af jorden - Krav fra ROC (udover de almene økologiregler)

- Frekvens og intensitet af jordbearbejdning begrænses til det absolut nødvendige.
- På Guldniveau skal al jordbearbejdning logføres og begrundes, medmindre det foretages i forbindelse med afgrødeetablering.

Ingen af disse krav findes i økologireglerne, men budskaberne indgår i almindelig rådgivning.

Levende plantedække året rundt - Krav fra ROC (udover de almene økologiregler)

- For at opnå Bronzestatus skal bedriften opretholde vegetativt (levende) plantedække hele året på 25-50% af produktionsarealet
- Sølvstatus kræver plantedække på 50-75% af produktionsarealet
- Guldstatus kræver plantedække på 75-100% af produktionsarealet

Ingen af disse krav findes i økologireglerne, men budskaberne indgår i almindelig rådgivning

Maksimal artsdiversitet - Krav fra ROC (udover de almene økologiregler)

- Bronzestatus kræver et sædskifte med min. 3 plantearter
- Sølvstatus kræver et sædskifte med min. 4 plantearter
- Guldstatus kræver et sædskifte med min. 7 plantearter

(Disse krav gælder kun systemer med enårig afgrøder)

Det vurderes, at langt de fleste danske økologer dyrker mindst 3 forskellige hovedafgrøder. Desuden er der krav i Økologivejledningen om dyrkning af hhv. kvælstoffikserende og kulstofopbyggende planter.

Integration af husdyr og planteavl - Krav fra ROC (udover de almene økologiregler)

- "Husdyr skal leve, æde og sove udendørs det meste af tiden"
- "Husdyrproducenter (undtagen producenter af svin eller bison) skal praktisere intensiv rotationsafgræsning, hvor dyrene i grupper med en høj belægningsgrad i korte perioder afgræsser mindre parceller med hyppige flytninger"

Det vurderes, at et meget lille mindretal af økologiske husdyrproducenter lever op til disse krav.

Recirkulering af ressourcer

- "Bedriften skal sigte mod at blive selvforsynende med kompost og husdyrgødning. Hvis kompost, gødning eller andre jordforbedringsmidler importeres til bedriften, skal de komme fra regionale affalds- og reststrømme. Der skal ydes en aktiv indsats for at undgå, at denne form for import af biomasser ikke introducerer forurenende stoffer på bedriften."
- Brug af "anaerob, flydende husdyrgødning [gylle, red.] fra CAFO's" er ikke tilladt.

Det vurderes, at et stort antal økologiske planteavlsbedrifter har svært ved at undvære konventionel husdyrgødning, men hvorvidt f.eks. konventionelle staldsystemer i Danmark lever op til definitionen CAFO (Concentrated Animal Feeding Operation) kræver en juridisk vurdering. Desuden er det uklart, hvornår en given biomasse kommer fra "regionale affalds- og reststrømme" ifølge ROC-standarderne.

Referencer

A Greener World, 2024. ST101v1 - Certified Regenerative by AGW Standards 2023. <https://agreener-world.org/certifications/certified-regenerative/certified-regenerative-standards/>

Advancing Eco Agriculture (AEA), 2024. Integrity Grown™. Hjemmeside. <https://advancingecoag.com/integrity-grown/>

FoodChain ID, 2024. Regenerative Agriculture Standard. Hjemmeside. <https://www.food-chainid.com/certification/sustainability/regenerative-farming/>

IFOAM, 2020. PRINCIPLES of ORGANIC AGRICULTURE. https://www.ifoam.bio/sites/default/files/2020-03/poa_english_web.pdf

IFOAM, 2022. PRINCIPPER for ØKOLOGISK JORDBRUG. https://www.ifoam.bio/sites/default/files/2022-11/poa_danish_web_REVISED2022.pdf

Ogle, S. M., Alsaker, C., Baldock, J., Bernoux, M., Breidt, F. J., McConkey, B., ... Vazquez-Amabile, G. G. 2019. Climate and soil characteristics determine where no-till management can store carbon in soils and mitigate greenhouse gas emissions. Scientific Report, 9, 1–8. doi.org/10.1038/s41598-019-47861-7

Olson, K.R. & Al-Kaisi, M.M., 2015. The importance of soil sampling depth for accurate account of soil organic carbon sequestration, storage, retention and loss. CATENA, Volume 125, February 2015, pp 33-37

Powlson, D. S., Stirling, C. M., Jat, M. L., Gerard, B. G., Palm, C. A., Sanchez, P. A., & Cassman, K. G. 2014. Limited potential of no-tillage agriculture for climate change mitigation. Nature Climate Change, 4(8), 678–683. <https://doi.org/10.1038/nclimate2292>

Regenerative Organic Alliance (ROA), 2023. Framework for Regenerative Organic Certified®, Version 4.1, 49p. <https://regenorganic.org/wp-content/uploads/2023/03/Regenerative-Organic-Certified-Framework.pdf>

Regenified, 2024. 6-3-4™ VERIFICATION STANDARD FOR REGENERATIVE AGRICULTURE. UPDATED: April 10, 2024. <https://s3.amazonaws.com/media.regenified.com/wp-content/uploads/2024/08/18191226/Final-4-10-2024-2024-Revision-Regenified-6-3-4-Verification-Standard-1.pdf>

Soil Carbon Initiative, 2022. Soil Carbon Initiative Farm-Level Commitment Program V5. <https://static1.squarespace.com/static/611a7e78d82d757e0b21ed9d/t/622179b856aa4e310a8e798b/1646361017240/SCI+Farm-Level+Standard.pdf>

Sun W., Canadell J.G., Yu L., Yu L., Zhang W., Smith P., Fischer T., Huang Y., 2020. Climate drives global soil carbon sequestration and crop yield changes under conservation agriculture. Global Change Biology n/a (n/a). doi:10.1111/gcb.15001

4 Implementering af regenerative principper i dansk, økologisk landbrug og dyrkningsmæssige udfordringer

Forfattere: Jon Aagaard Enni (ICOEL), Johannes Ravn Jørgensen (AU-AGRO)

Mange af de tiltag, som i den internationale diskurs forbindes med regenerativt landbrug, hører i kontekst af dansk økologi, under kategorien *Best Practice*. Der er med andre ord sjældent tale om nye tiltag, som er ukendte eller uprøvede i dansk økologi. Det ses da også ved, at de økologiske arealer ofte udelades i fremskrivninger af potentielle klima- og miljøgevinster ved større udbredelse af regenerativt landbrug, med den begrundelse, at økologisk landbrug allerede anvender mange af de regenerative tiltag, som spås en effekt (e.g. Jameson et al., 2024).

Mange regenerative tiltag er allerede integreret i økologiske dyrkningsmetoder, hvilket bekræftes af European Academies Science Advisory Council i deres rapport om regenerativt landbrug i Europa (EASAC, 2022). Dette udelukker dog ikke, at der stadig er potentiale for forbedringer inden for dansk økologisk landbrug. De største udfordringer er, hvad angår miljøpåvirkning og ressourceforbrug:

- Brugen af konventionel husdyrgødning i planteproduktionen
- Frekvens og intensitet af jordbearbejdning
- Manglende recirkulering af næringsstoffer fra spildevand

Disse to første forhold adresseres i de følgende kapitler om principperne *Minimal forstyrrelse af jorden* og *Recirkulering af ressourcer*.

4.1 Princip 1: Minimal forstyrrelse af jorden

Forfattere: Jon Aagaard Enni (ICOEL), Hanne Lakkenborg Kristensen (AU-FOOD) og Johannes Ravn Jørgensen (AU-AGRO)

Dette princip omhandler både fysisk, kemisk og biologisk forstyrrelse af jorden. Den fysiske forstyrrelse, som primært består i jordbearbejdning, mekanisk ukrudtsbekæmpelse og skadelig jordpakning forårsaget af færdsel på marken med tunge maskiner, har det største forbedringspotentiale af de tre, når rammen er dansk økologi.

Mulighederne for kemisk forstyrrelse er i økologien begrænset ved, at syntetiske input ikke er tilladte. Det er dog sandsynligt, at visse tilladte input, såsom for høj tilførsel af husdyrgødning, kan have utilsigtede virkninger på jordkemi- og biologi.

Landbrug er per definition en biologisk forstyrrelse og biologisk forstyrrelse således vanskelig at afgrænse som selvstændig parameter. Biologisk forstyrrelse er ofte koblet sammen med de to andre typer af forstyrrelse, f.eks. ved tilførsel af organisk gødning, der både indeholder levende mikroorganismer, organiske og uorganiske kemiske komponenter og tilføres ved nedfældning i jorden med fysisk forstyrrelse. Men i hvert fald én type af forstyrrelse er distinkt biologisk, nemlig introduktion af uønskede eller uhensigtsmæssige arter i dyrkningssystemet. Der kan være tale om patogener mikroorganismer, skadedyr, invasive plantearter, ukrudt eller plantearter, som f.eks. ikke danner mykorrhiza, er invasive eller allelopatiske.

4.1.1 Fysisk forstyrrelse

I økologisk landbrug udgør den fysiske forstyrrelse af jorden, såsom jordbearbejdning, en væsentlig udfordring i balancen mellem ukrudtskontrol og bevarelse af jordens struktur og sundhed. På den ene side er jordbearbejdning nødvendig for at bekæmpe ukrudt, der konkurrerer med afgrøder om ressourcer, men på den anden side kan hyppig og intensiv jordbearbejdning forstyrre jordens økosystemer og skade dens langsigtede frugtbarhed. Regenerative metoder stræber efter at minimere jordforstyrrelse for at fremme et sundt mikrobielt miljø og bevare jordens struktur, men dette kan øge risikoen for opbygning af ukrudt og skadedyr, hvilket kræver omhyggelig styring for at opretholde en effektiv produktion.

Jordbearbejdning

I økologisk markdrift er ukrudtskontrol én af de største udfordringer. Det er almindeligt kendt, at konkurrencen med ukrudt om lys, vand og næringsstoffer forklarer en del af forskellen i udbytter mellem konventionel og økologisk produktion. Fordi økologireglerne ikke tillader kemisk ukrudtsbekæmpelse af nogen art, heller ikke med organiske eller naturligt forekommende bekæmpelsesmidler, er mulighederne for ukrudtskontrol begrænsede. Det økologiske landmandskab foretrækker forebyggelse af ukrudtsproblemer frem for bekæmpelse. De forebyggende tiltag kan være sædskifteovervejelser, såsom balance mellem vår- og vinterafgrøder, højeværdi- og foderafgrøder eller strategisk placering af

slætgræsmarker efter afgrøder med dårlig konkurrenceevne. Det kan også være sortsvalg med fokus på afgrødens konkurrenceevne, aktiv brug af udlæg i hovedafgrøder, bevidst udskydelse af jordbearbejdning efter høst af oliefrø, som kan overleve i jordpuljen i mange år, og meget andet. Alligevel siger erfaringen, at mekanisk ukrudtsbekæmpelse er uundværlig i økologisk markdrift. Derfor har økologien potentiale for forbedring, når det kommer til jordbearbejdning, navnlig ift. intensitet og frekvens af behandlinger.

Hefner et al. (2020) undersøgte effekterne af et no-tillage system, hvor overvintrende efterafgrøder blev knivtromlede (KT) og efterladt på jordoverfladen efterfulgt af direkte udplantning i sammenligning med fuld inkorporering, i økologisk hvidkål i Danmark. Forsøget, der strakte sig over to år, brugte vinterhestebønne, vinterærter og vintervikke, dyrket i renbestand eller i blanding med vinterrug som efterafgrøder. Generelt reducerede KT den samlede biomasse og det salgbare udbytte af hvidkål sammenlignet med fuld inkorporering, hvilket blev tilskrevet forsinket frigivelse af kvælstof fra efterafgrøderne og reduceret mikrobiel aktivitet i jorden (jordenzymet dehydrogenase). I gennemsnit på tværs af de tre vinterbælg-sædsarter blev det salgbare udbytte signifikant lavere under KT i begge forsøgsår, med et totalt udbyttetab under KT i 2016, hvor der ikke blev tilført supplerende gødning, og en 24% reduktion i 2017.

Vinterært viste sig at fungere markant bedre end de andre med KT og gav højere udbytte end fuld inkorporering i 2017. Biomasse fra efterafgrøder var højere for bælgplante/rug-blandinger end for rene bælgplanter, hvilket medførte bedre ukrudtshæmning men også lavere tilgængelighed af mineraliseret N i jorden for den efterfølgende kålafgrøde. KT viste klare fordele såsom markant reduceret ukrudtsvækst og nedsat risiko for nitratudvaskning, og som nævnt gode resultater for KT af vinterært for udbyttet af kål. Der er behov for mere afprøvning og viden før systemet kan anbefales til implementering i erhvervet.

Forsøgsresultaterne viser, at der ved udplantning af kvælstofkrævende højtærchiafgrøder, hvor afgrøden har et vækstforspring ift. ukrudtet, men samtidig er ekstra følsom for konkurrence, er der risiko for udbyttetab i økologiske no-tillage systemer, men også potentiale for ukrudtsbekæmpelse. Reduceret jordbearbejdning er langt mere udbredt blandt danske økologer end direkte såning/udplantning.

Innovationscenter for Økologisk Landbrug udgav i 2021 et inspirationskatalog. "Reduceret jordbearbejdning i økologien" (Ingvorsen et al., 2021). Kataloget formidler erfaringer fra danske økologer, som arbejder med at reducere jordbearbejdning, foruden beskrivelser af danske projekter med afprøvnin-ger af diverse teknikker til økologisk dyrkning med reduceret – eller helt uden – jordbearbejdning. Kata-loget tegner et billede af, at økologernes tilgang drejer sig om at reducere den enkelte jordbearbejd-nings intensitet, hvilket primært vil sige dens arbejdsdybde i jordprofilen, og (i mindre grad) den kraft, jorden påvirkes med, forstået som f.eks. hastigheden af den enkelte overkørsel eller tyngde/rotations-hastighed/acceleration af det anvendte maskinel. Reduceret intensitet af jordbearbejdning opnås så-ledes ved mere øverlig pløjning (skræpløjning), harvning i stedet for pløjning, strigling i stedet for harv-ning etc. Der er umiddelbart ikke enighed om rangordningen af de forskellige behandlingsmuligheders intensitet. F.eks. kan en PTO-drevet fræser tilberede et udmærket såbed, selvom der arbejdes i en for-holdsvist overfladisk dybde, men de øverste jordlag, som modtager behandlingen, udsættes for en

voldsom kraftpåvirkning, hvor aggregater og svampehyfer slås i stykker med formodet øget erosionsrisiko til følge (Schjønning et al., 2000). Det er desuden i de øverste få cm, at størstedelen af jordens mikroliv befinder sig (Murphy et al., 1998), så fordele og ulemper ved forskellige tilgange til jordbearbejdning er vanskelige at afveje.

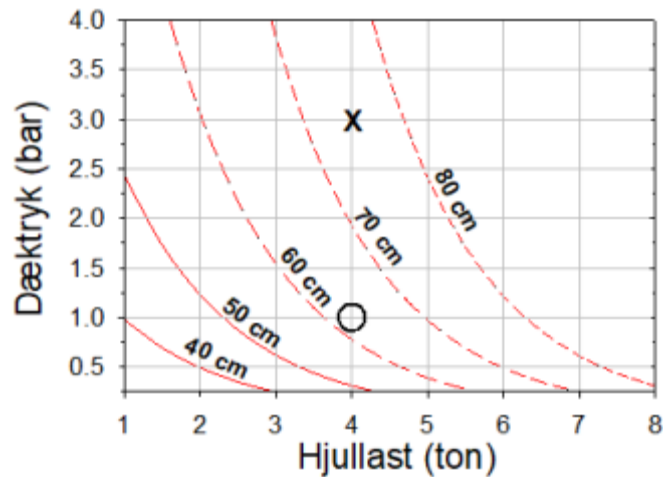
Der arbejdes ligeledes med at reducere jordbearbejdningernes frekvens, altså antallet af behandlinger per år. Det opnås ved at indføre sædskifter med flerårige afgrøder, især kløvergræs, ved at lade græsmarker ligge flere år inden omlægning, ved at etablere græs og efterafgrøder som udlæg i vårafgrøder frem for etablering efter høst af den foregående afgrøde, og dels ved at optimere effekten af de jordbearbejdninger, der foretages. Det kan virke banalt at påpege, men jo bedre resultat, den enkelte behandling giver, jo færre efterfølgende behandlinger vil der være behov for. F.eks. er det altafgørende at en plov er indstillet korrekt, hvis pløjningen skal have den ønskede effekt. I økologien kan især rodukruddt blive et nærmest uoverstigeligt problem, hvis bekæmpelsen ikke er rettidig og veludført, og der kræves fuld gennemskæring af jordprofilen, hvad end det foretages med plov eller andre skærende redskaber. Ifølge én af Danmarks førende eksperter i pløjning, Jens Iversen, er langt størstedelen af alle pløve i Danmark indstillet forkert (Landbrugsavisen, 2017), hvorfor der ikke kan opnås fuld gennemskæring ved deres brug. God effekt af jordbearbejdning forudsætter desuden, at behandlingen er rettidig.

Skadelig jordpakning

Skadelig jordpakning er en i økologien ofte overset trussel mod jordsundhed, plantevækst og næringsstofudnyttelse.

Pløjning angives ofte som en væsentlig risikofaktor. De fleste kender udtrykket pløjesål, men denne risiko falder, når landbrugeren varierer plovens arbejdsdybde fra år til år (Iversen, 2024). Desuden kan en pløjesål afhjælpes ved mekanisk dybdeløsning af jorden, hvilket ikke i samme grad er tilfældet for trykskader i underjorden.

Den umiddelbart største vægtbelastning af økologisk markjord, med deraf følgende trykskader, sker under gødskning. Mejetærskere og kornvogne, som anvendes under høsten, er også meget tunge, men tør jord er betydeligt stærkere end våd jord, og de fleste afgrøder høstes i sensommeren, hvor markerne normalt er tørre. Omvendt foretages gødningsudbringning for langt størstedelens vedkommende i det tidlige forår, hvor jorden typisk har et højt vandindhold. Økologer gødsker som bekendt primært med husdyrgødning, heraf mest gylle, og en traktor med en fyldt, almindelig 25 ton gyllevogn vejer samlet i omegnen af 55 t. Med tre aksler på gyllevognen og to på traktoren er den gennemsnitlige akselbelastning 11 t, dvs. 5,5 t pr. hjul. Som det fremgår af Figur 4.1, som beskriver den forventede, mekaniske styrke i vintervåd jord, vil en hjullast på 5,5 t medføre 0,5 bar tryk i mindst 60 cm jorddybde ved tidlig gylleudbringning (det er i Danmark tilladt at bringe gylle ud fra 1. februar) (Askegaard et al., 2021). Dette illustrerer tydeligt, hvor stor risikoen for trykskader i underjorden er ved tidlig gyllespredning.



Figur 4.1 - Den forventede, mekaniske styrke i vintervåd jord i dybden, hvor der trykkes med 0,5 bar ved forskellige dæktryk og hjullast. Eksempel: En hjullast på 4 ton og et dæktryk på 3 bar, vil pakke jorden til ca. 75 cm dybde, når der køres på vintervåd jord (figurens X). Ved at reducere dæktrykket til 1 bar reduceres pakkedybden med næsten 15 cm (figurens O). (Askegaard et al., 2021).

Schjønning et al. (2002) studerede forskellige aspekter af jordkvalitet som funktion af hhv. konventionel og økologisk drift, og fandt, at den mark, som havde den bedste jordstruktur, blev drevet som konventionel planteavl. Den var uden tilførsel af husdyrgødning, med et forholdsvist ensidigt kornsædskifte (overvejende vintersæd) med et enkelt års raps, og ét år med markærter. De økologiske jorde var derimod lagt ud i kvægsædskifter med to års kløvergræs (slæt og afgræsning), vår- og vinterkorn, samt rodfrugter (hhv. kartofler og rødbeder). De økologiske jorde blev tilført komposteret staldgødning og/eller gylle, og havde ved undersøgelsens start været drevet økologisk i mere end 40 år. Der var også to konventionelle kvægbedrifter med i undersøgelsen, hvis sædskifter og gødningstilførsler mindede mere om økologernes, end om de konventionelle planteavlernes. Alle markerne blev pløjet årligt, undtagen år to af kløvergræs. Undersøgelsen konkluderede, at hyppig jordbearbejdning og tung trafik på markerne var ødelæggende for jordens struktur og andre kvalitetsparametre, og dette overskyggede de forventede positive effekter af varierede sædskifter og tilførsel af husdyrgødning. Forfatterne anbefalede alle landbrugere at reducere deres aksellast og antal overkørsler mest muligt.

Hefner et al. (2019) undersøgte en kombination af pløjefri dyrkning og reduceret kørsel vha. faste kørespor i sammenligning med pløjning og tilfældig kørsel i danske økologiske grøntsags- og kartoffelsædskifter på to jordtyper. Der blev fundet markant større og dybere rodvækst, øget plantevækst og udbytte, mens jorden viste en forbedret evne til kvælstofmineralisering. Forskellene blev målt i det 3. og 4. år efter omlægning, og de to systemer var ens udover forskellen i jordbearbejdning. Det pløjefri system med faste kørespor blev konkluderet til at være mere resilient og blev anbefalet til implementering i stedet for det pløjede system med tilfældig kørsel.

4.1.2 Kemisk forstyrrelse

I dansk økologi er risikoen for jordforurening med miljøfremmede stoffer, som nævnt tidligere, begrænset af forbuddet mod anvendelse af syntetiske input og gødskning med spildevandsslam. Dog tyder undersøgelser på, at gylletilførsel kan have negative konsekvenser for jordkemi. F.eks. fandt Jensen et al. (2016), at gødskning med svinegylle akkumulerede zink (Zn) og kobber (Cu) i dyrkningsjorden målt gennem 28 år i kvadratnetsundersøgelsen (Bak et al., 2015). I knap halvdelen af målingerne var zinkindholdet over EU's grænseværdier for negativ påvirkning af livet i jorden. Selvom både Zn og Cu er essentielle plantencæringsstoffer, er de i høje koncentrationer giftige for mange organismer, og undersøgelser tyder på, at de tilmed kan stimulere forekomsten af antibiotikaresistente bakterier. Zn og Cu tilsættes især smågrises foder for at modvirke fravænningsdiarré, og især Zn har været rutinemæssigt anvendt i mængder, der langt overstiger dyrenes ernæringsmæssige behov (2500 mg/kg foder). Siden medio 2022 har medicinsk (dvs. højdosis) zink dog været forbudt at anvende i såvel økologisk som konventionel svineproduktion, mens kobber fortsat må anvendes, om end de tilladte doser blev sænket i 2019 (L&F, 2019). Derfor er det svært at spå om, hvilken effekt gyllespredning vil have fremover på jordens indhold af kobber. Der findes andre argumenter mod brugen af konventionel husdyrgødning i regenerativ, økologisk produktion, som vil blive behandlet i de følgende kapitler om Integration af husdyr og Recirkulering af ressourcer.

At undvære konventionel husdyrgødning helt vil være en væsentlig udfordring for den økologiske driftsform. Af Tabel 1 i DCA-rapport 176 fremgår det, at økologiske bedrifter i gennemsnit nettoimporterede 26 kg N/ha i form af husdyrgødning i 2017 (Olesen et al., 2020). Med et gennemsnitligt forbrug af husdyrgødning på 92 kg N/ha udgjorde det konventionelle input ca. 28% af den samlede, udbragte gødning på økologiske marker i 2017. Dog er det vigtigt at bemærke, at en betydelig del af næringsstoffebehovet i økologiske afgrøder dækkes af eftervirkning (også kaldet forfrugtsværdi) af kløvergræs og andre afgrøder med kvælstoffikserende arter. Udfordringen med at dække behovet for plantencæringsstoffer uden brug af konventionel husdyrgødning behandles yderligere i kapitlet om Recirkulering af ressourcer.

4.1.3 Biologisk forstyrrelse

Forstyrrelse af jorden sker ofte i en kombineret biologisk, kemisk og fysisk form, og forstyrrelse af entydigt biologisk karakter afgrænses som nævnt her til utilsigtet import til agroøkosystemet af patogener, mikroorganismer, skadedyr, ukrudt eller invasive plantearter. Hjemmehørende arter af patogener, skadedyr og ukrudt kan dog også betragtes som en del af et biodiversitetssystem. Visse afgrødetyper producerer desuden toksiske allelokemikalier eller mangler evnen til at danne mykorrhiza.

Ukrudt

En af de største udfordringer ved overgangen til regenerativt landbrug er kontrol af ukrudt, da uønskede planter, der optræder som ukrudt, er kendetegnet ved at være planter, hvis livscyklus er tilpasset dyrkningssystemet (Andreasen & Skovgaard, 2009).

Ukrudt formerer sig primært via frø og knopdannelse på vegetative strukturer (Melander & Kudsk, 2020, CA-rapport). Enårig ukrudtsarter spredes kun fra frø, mens flerårige ukrudtsarter (rodukrudtsarter) kan sprede sig både via frø og knopdannelse på jordstængler (f.eks. grå bynke), pælerødder (f.eks. skræppearter og mælkebøtte), underjordiske udløbere (rhizomer, f.eks. alm. kvik og følfod), overjordiske udløbere (stoloner, f.eks. krybhvene) og rødder (f.eks. agertidsel og ager-svinemælk). For at nye ukrudtsplanter skal kunne etablere sig, skal frøene placeres i den øverste del af jordprofilen. Langt de fleste ukrudtsfrø i Danmark spirer fra 0-3 cm's jorddybde (f.eks. småfrøede arter som alm. fuglegræs, agerstedmoder, ærenprisarter og de fleste græsarter). Enkelte arter med større frø og mere oplagsnæring kan dog spire frem fra 5-6 cm's dybde (f.eks. burre-snerre og ager-rævehale) (Melander, 1994). Etablering fra vegetative organer kan foregå fra større dybder afhængigt af mængden af oplagsnæring (fruktaner) i de underjordiske strukturer. Skud fra ager-tidsel og ager-svinemælk kan komme fra dybder over 25 cm (Thomsen et al., 2013).

Målet med ikke at forstyrre jorden via jordbearbejdningen i regenerativt landbrug, deler ligheder med systemer med direkte såning, men adskiller sig ved at fokusere på maksimalt plantedække via efterafgrøder og varierede sædskifter. Begge systemer har dog til fælles, at ukrudtsfrø primært befinder sig i det øverste jordlag (0-5 cm), da frø kun når dybere lag via revner, jordbundsdyr og frost/tø. Studier viser, at frø af både tokimbladede ukrudtsarter (57% i 0-5 cm) og græsukrudtsarter (77% i 0-5 cm) primært findes i det øverste lag (Schnerer et al., 2016).

Hvis man i den regenerative dyrkningspraksis undlader eller reducerer jordbearbejdning, vil man, i modsætning til systemer hvor der pløjes, øge sandsynligheden for at ukrudtsfrøene blive placeret oven på jorden, hvilket betyder, at de udsættes for et betydeligt henfald – noget større, end hvis de var indarbejdet nogle få centimeter i jorden (Nichols et al., 2015). Henfaldet kan skyldes spiring på ugunstige tidspunkter, typisk før etableringen af næste afgrøde. Ukrudtsfrø på jordoverfladen fortæres desuden i betydelig grad af fugle, invertebrater og gnavere. Melander et al. (2013) giver en række eksempler på ukrudtsarter, hvor der kan forventes et meget større henfald, hvis frøene efterlades på jordoverfladen, end hvis de indarbejdes i jorden efter frøkast. F.eks. har danske undersøgelser vist, at henfaldet af frø på jordoverfladen af konkurrencestærke ukrudtsarter som Ager-rævehale, Vindaks, Alm. rajgræs, Alm. rapgræs og Stor væselhale kan være tæt på 100% i løbet af ét år. Det er ukrudtsgræsser, som alle er kendt for deres evne til at kunne nedsætte udbyttet betragteligt i vintersæd, se bl.a. Melander (1995).

Effekter blev undersøgt af et no-tillage system med overvintrende efterafgrøder, der blev knivtromlede i foråret og efterladt på jordoverfladen før direkte udplantning af hvidkål. Der var ingen yderligere ukrudtsbekæmpelse (Hefner et al. 2020). Ukrudtshæmningen var størst (63% 3 uger efter knivtromling), hvor biomassen fra efterafgrøder var størst i no-tillage systemet i forhold til fuld inkorporering. Her var gentagen mekanisk ukrudtsbekæmpelse nødvendig for at opnå gode udbytter.

Plantesygdomme

Inkorporering af planterester med pløjning har traditionelt været anset som en effektiv metode til at minimere angreb af plantesygdomme i efterfølgende afgrøder (Page et al., 2013; Bockus & Shroyer,

1998). Denne effekt er dog begrænset til sygdomme, der spredes via planterester eller involverer jordbårne patogener (Page et al., 2013; Bockus & Shroyer, 1998). Jordbearbejdning har ringe indflydelse på patogener, der overlever på alternative værter mellem høst og såning, og på vindspredte patogener, såsom rust (*Puccinia* spp.) og meldug (*Blumeria graminis*).

Hvedebladplet, forårsaget af svampen *Pyrenophora tritici-repentis*, er en sygdom, der primært rammer hvede og spredes via halm og stubrester (Jørgensen L, 2020). Flere danske og internationale studier har påvist en signifikant højere forekomst af hvedebladplet i forsøg med reduceret jordbearbejdning eller direkte såning sammenlignet med konventionel pløjning (Bankina et al., 2015; Jørgensen & Olsen, 2007). Bankina et al. (2015) fandt i et 3-årigt forsøg i Letland med vedvarende hvede et højere angreb af hvedebladplet efter reduceret jordbearbejdning sammenlignet med konventionel pløjning. I det samme forsøg fandt man ingen signifikante forskelle i hvedebladplet-angreb mellem reduceret jordbearbejdning og konventionel pløjning, når den tidligere afgrøde var vårraps eller vinterraps.

I et dansk forsøg med vinterhvede dyrket kontinuerligt i 10 år viste resultaterne en tendens til, at hvedebladplet var mere udbredt i parceller med reduceret jordbearbejdning end i parceller med pløjning (Jørgensen & Olsen, 2007). Ved regenerativ dyrkning kan reduceret jordbearbejdning og direkte såning øge risikoen for hvedebladplet i hvede, sammenlignet med konventionel pløjning. Effekten af jordbearbejdning kan dog afhænge af afgrøderotation.

Fusariumsvampe kan angribe aksene hos alle danske kornarter (Jørgensen et al., 2014). Angrebene forværres ved pløjefri dyrkning og ensidig korndyrkning (Krebs et al., 2000). Komplekset af fusariumsvampe forårsager aksfusarium og producerer ofte mycotoksiner. *Fusarium graminearum* og *Fusarium culmorum* anses for de mest alvorlige i Danmark, da de producerer skadelige mycotoksiner (Nielsen et al., 2011). Der foreligger ikke studier på, hvordan mycotoksiner i økologisk og regenerativt dyrket korn påvirkes af jordbearbejdning, men det er kendt, at jordbearbejdning har en reducerende effekt på fusariumtoxiner i konventionelt dyrket korn. I Danmark ses de højeste niveauer af fusariumtoxiner således i marker med reduceret jordbearbejdning og forfrugt majs eller hvede (Jørgensen et al., 2014). Váňová et al. (2011) fandt i et 4-årigt projekt i Tjekkiet et betydeligt højere indhold af deoxynivalenol (DON) produceret af *F. graminearum* i korn fra reduceret jordbearbejdning sammenlignet med konventionel pløjning til 20 cm dybde. Dill-Macky & Jones (2000) fandt i en 3-årig undersøgelse i Minnesota, USA, et betydeligt højere angreb af *Fusarium* efter reduceret jordbearbejdning sammenlignet med konventionel jordbearbejdning.

Effekten af jordbearbejdning på jordbårne patogener er kompleks og varierer afhængigt af sygdommen. Der foreligger ikke studier på, hvordan økologisk og regenerativ dyrkning påvirker de jordbårne patogener, men nogle studier viser en øget forekomst af sygdomme efter reduceret jordbearbejdning, mens andre peger på den modsatte eller ingen effekt. For goldfodsyge (*Gaeumannomyces graminis*) kan reduceret jordbearbejdning forlænge overlevelsen af inokulum og dermed øge risikoen for angreb (Bockus & Shroyer, 1998). Studier har vist både en stigning og et fald i angrebene af knækkefodsyge (*Oculimacula yallundae*) efter reduceret jordbearbejdning (Mantanari et al., 2006; Vanova et al., 2011).

Reduceret jordbearbejdning kan reducere angrebene af rodråd (*Bipolaris sorokiniana*) på grund af øget vandtilgængelighed (Bockus & Shroyer, 1998). Forskning på området er fortsat nødvendig for at afklare de komplekse interaktioner mellem jordbearbejdning, jordbundsmikroorganismer og jordbårne patogener.

For dyrkningsformerne indenfor CA er yderligere viden om effekter af svampesygdomme samlet i Vidensyntese om Conservation Agriculture (Jørgensen, L., 2020).

Skadedyr

Jordbearbejdning er en afgørende faktor i moderne landbrug, der ikke kun påvirker jordens struktur og frugtbarhed, men også spiller en betydelig rolle i bekæmpelsen af skadedyr. Forståelsen af forholdet mellem jordbearbejdningsmetoder og skadedyrspopulationer er afgørende for at opnå en effektiv og bæredygtig planteproduktion ved regenerativ dyrkning.

Ved at minimere jordforstyrrelse kan regenerativ dyrkning skabe et mere stabilt og beskyttet miljø for visse skadedyr, der trives i uforstyrrede omgivelser. For eksempel er majshalvmøl kendt for at overleve i planterester på jordoverfladen, og en overgang til reduceret jordbearbejdning kan derfor føre til en stigning i populationen af denne art (Stinner & House, 1990; Thorbek & Bilde, 2004). Derudover kan ændringer i ukrudtssamfundet, der ofte er forbundet med reduceret jordbearbejdning, have en indirekte effekt på skadedyrspopulationer, da visse skadedyr er stærkt knyttet til specifikke ukrudtsarter (Stinner & House, 1990).

I "No-till" systemer, hvor jorden permanent er dækket af et plantedække, observeres generelt en højere forekomst af insekter sammenlignet med reduceret jordbearbejdning. Dette skyldes den kombination af uforstyrrede forhold og langsigtet næringstilførsel fra plantedækket, som skaber optimale betingelser for en række insekter.

Det er dog vigtigt at bemærke, at effekten på skadedyr af reduceret jordbearbejdning i regenerativ dyrkning ikke er ens for alle arter. En meta-analyse udført af Stinner & House (1990) baseret på 45 studier viste, at 28% af de undersøgte skadedyr og deres skader steg ved overgang til Conservation Agriculture, mens 43% blev reduceret. Resten af arterne viste ingen signifikant ændring i populationstæthed eller skade på afgrøder.

På trods af den potentielle øgede risiko for skader fra visse skadedyr kan regenerativ dyrkning også have en positiv effekt på den generelle biodiversitet i agrosystemer og forekomsten af nyttedyr. En mere varieret fauna kan i sig selv bidrage til at holde skadedyr under kontrol ved at fremme naturlige fjender og parasitter.

Pløjning er en traditionel jordbearbejdningsmetode, der har været anvendt i århundreder til at bekæmpe skadedyr ved at ødelægge deres levesteder. For eksempel er pløjning effektiv til at eliminere agersnegle, da de ofte lever i de øverste jordlag (Voss et al., 1998). Snegle kan udgøre et betydeligt problem i regenerative systemer, når de ikke forstyrres af pløjning og har adgang til rigelige mængder planterester, der fungerer som fødekilde og skjulested. For at bekæmpe snegle i regenerative systemer

anbefales det at udføre intensiv stubbearbejdning efter høst. Stubbearbejdning knuser snegle og ødelægger æg, og det kan også reducere mængden af planterester på jordoverfladen. Derudover kan såning af afgrøder i en dybde på ca. 4 cm bidrage til at beskytte kernerne mod snegleangreb (Nielsen, 2023).

Yderligere viden om effekter af skadedyr er for dyrkningsformerne indenfor CA samlet i Vidensyntese om Conservation Agriculture (Jørgensen, L., 2020).

Ikke-mykorrhizadannende monokulturer

Langt de fleste landlevende planter, og dermed de fleste landbrugsafgrøder, danner mykorrhiza som en naturlig del af deres livscyklus. Ca. 72% danner arbuskulær mykorrhiza, også kaldet endomykorrhiza, som er den mest agronomisk interessante mykorrhizaform. Kun ca. 8% af alle arter af landplanter er entydigt ikke-mykorrhizadannende (non-mycorrhizal) (Brundrett & Tedersoo, 2018). Dog angives to familier, som har medlemmer, der dyrkes flittigt i dansk landbrug, i den videnskabelige litteratur som ikke-mykorrhizadannende, nemlig kålfamilien (*Brassicaceae*, f.eks. raps, sennep, rybs, kålroer, rucola, alle kålgrøntsager) og amarantfamilien (*Amaranthaceae*, f.eks. spinat, beder, sukkerroer, rabarber). I teorien afhænger graden af arbuskulær mykorrhiza-kolonisering i den enkelte afgrøde af markjordens inokulumpotentialer, som igen afhænger af den foregående afgrødes koloniseringsgrad. Derfor er det nærliggende at anskue ikke-mykorrhizadannende monokulturer som problematiske for bevarelsen af markens population af arbuskulære mykorrhiza-svampe. I praksis er det dog tæt på umuligt at dyrke 100% rene monokulturer økologisk, fordi en vis mængde ukrudt sædvanligvis overlever den mekaniske bekæmpelse. Desuden kan der forekomme en lav kolonisering af arbuskulær mykorrhiza på både hvidkål og rødbeder, der hos rødbeder blev øget ved samdyrkning (Shanmugam et al. 2022).

Yderligere viden om effekter af ikke-mykorrhizadannende monokulturer er for dyrkningsformerne indenfor CA samlet i Vidensyntese om Conservation Agriculture (Axelsen & Ravnskov., 2020).

Referencer

Andreasen, C., & Skovgaard, I. M. (2009). Crop and soil factors of importance for the distribution of plant species on arable fields in Denmark. *Agriculture, ecosystems & environment*, 133(1-2), 61-67.

Askegaard, M., Hermansen, S., & Østergaard, C. (2021). Faglig guide til økologiske planteavlere Fakta fra øko-forskningen krydret med solid erfaringsbaseret viden. ICROFS.

Axelsen, J.A. & Ravnskov, S. (2020). Biodiversitetseffekter af dyrkningsformerne under CA. I Munkholm, L. et al., Vidensyntese om conservation agriculture. DCA-Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

Bak, J. L., Jensen, J., & Larsen, M. M. (2015). Belysning af kobber-og zinkindholdet i jord—Indhold og udvikling i kvadratnettet og måling på udvalgte brugstyper. Aarhus Universitet, Institut for Bioscience: Aarhus, Denmark, 159.

Bankina, B., Bimsteine G., Arhipova I., Kaneps J. & Stanka T. (2018): Importance of agronomic practice on the control of wheat leaf diseases. *Agriculture*, 56, doi:10.3390/agriculture8040056.

Blubaugh, R. K., & Kaplan, D. L. (2015). Weed seed predation in glyphosate-resistant soybean fields. *Weed Science*, 63(3), 545-551.

Bockus, W.W. & Shroyer J.P. (1998): The impact of reduced tillage on soilborne plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology*. 36, 485-500.

Bockus, W. W., & Shroyer, J. P. (1998). Soilborne diseases and their control. In *Handbook of soil science* (pp. 261-289). Marcel Dekker, Inc.

Brundrett, M. C., & Tedersoo, L. (2018). Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist*, 220(4), 1108-1115.

Bødker, L., Jensen, H. P., & Jørgensen, K. H. (1990). The effect of crop rotation on the occurrence of take-all disease in winter wheat. *The Journal of Agricultural Science*, 114(3), 599-603.

EASAC (2022). Regenerative agriculture in Europe. A critical analysis of contributions to European Union Farm to Fork and Biodiversity Strategies. EASAC policy report 44. ISBN: 978-3-8047-4372-4

Hefner, M., Gebremikael, M.T., Canali, S., Sans Serra, F.X., Petersen, K.K., Sorensen, J.N., De Neve, S., Labouriau, R., Kristensen, H.L. (2020). Cover crop composition mediates the constraints and benefits of roller-crimping and incorporation in organic white cabbage production. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 296, 106908.

Ingvorsen, T.S., Lyngvig, H.S. & Jensen, B.Z., (2021). Reduceret jordbearbejdning i økologien, Landbrug & Fødevarer F.m.b.A. SEGES, 15p.

Iversen J. (2024) Variér pløjedybden fra år til år. Maskinbladet, markbrug. Juli 2024. p 6-7.

Jameson, P., Midtby, L., Walbom, L., Møller, S.S. & Mikkelsen, J., (2024) The Potential of Regenerative Agriculture in Denmark. Boston Consulting Group.

Jensen, J., Larsen, M. M., & Bak, J. (2016). National monitoring study in Denmark finds increased and critical levels of copper and zinc in arable soils fertilized with pig slurry. *Environmental pollution*, 214, 334-340.

Jørgensen, L. (2020). Effekter på svampesygdomme og skadedyr af dyrkningsformerne indenfor CA. I Munkholm. et al., Vidensyntese om conservation agriculture. DCA-Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

Jørgensen, L.N. & Olsen L.V. (2007) Control of tan spot (*Drechslera tritici-repentis*) using host resistance. Tillage methods and fungicides. *Crop Protection*, 26: 1606-1616.

LandbrugsAvisen (2017). »Tro det eller ej, men løse dele er i den grad med i top tre«. *Landbrugsavisen*, Maskiner, 30. november, 2017, p 36-37.

L&F, (2019) Nu falder kobberindholdet i smågrisefoderet. *Landbrug & Fødevarer Sektor for gris*. https://svineproduktion.dk/aktuelt/nyheder/2019/02/080219_kobberindhold_smaagrisefoder

Mantanari, S., Pascale, E., & Alberti, A. (2006). Effects of tillage practices on soilborne diseases of wheat in northern Italy. *Plant disease*, 90(1), 126-133.

Melander B. (1994). Impact of non-inversion tillage on weeds in temperate regions. Pages 49-58 in F. Tebrügge and A. Böhrnsen eds. Workshop I of EU Concerted Action 27-28 June: Experiences with the applicability of no-tillage crop production in the West-European Countries. Wissenschaftlicher Fachverlag, Giessen, Germany.

Melande & Kudsk, (2020), Ukrudtseffekter og herbicidforbrug ved CA. I Munkholm, L. et al., Vidensyntese om conservation agriculture. DCA-Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

Melander, M. (1995). Weed competition in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) affected by crop rotation and tillage. *Journal of Agricultural Science*, 125(3), 545-552.

Melander, M., Stenberg, M., & Rydén, A. (2013). Effects of crop rotation and tillage on weed seed viability in spring-sown cereals. *Weed Research*, 53(1), 13-23.

Murphy, D. V., Sparling, G. P., & Fillery, I. R. P. (1998). Stratification of microbial biomass C and N and gross N mineralisation with soil depth in two contrasting Western Australian agricultural soils. *Soil Research*, 36(1), 45-56.

Nichols, V., Basnyat, B., Manor, J., Miller, D. M., & Reicosky, D. C. (2015). Effects of strip tillage on emergence and seed decay of annual weeds. *Weed Science*, 63(1), 23-32.

Nielsen, G.C. (2023) Forebyggelse og bekæmpelse af snegle. https://www.landbrugsinfo.dk/basis/2/e/9/plantebeskyttelse_forebyggelse_bekampelse_snegle

Olesen, J. E., Kristensen, T., Kristensen, I. S., Børgesen, C. D., Eriksen, J., Pedersen, B. F., & Kongsted, A. G. (2020). Opdatering af kvælstofudvaskning fra økologiske bedrifter. DCA-Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 1/2

Scherner, A., Melander, B., & Kudsk, P. (2016). Vertical distribution and composition of weed seeds within the plough layer after eleven years of contrasting crop rotation and tillage schemes. *Soil and Tillage Research*, 161, 135-142.

Schjøning, P., Elmholt, S., Munkholm, L. J., & Deboz, K. (2002). Soil quality aspects of humid sandy loams as influenced by organic and conventional long-term management. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(3), 195-214.

Schjøning, P., Munkholm, L. J., Elmholt, S., Deboz, K., Mikkelsen, G. H., & Trautner, A. (2000). Den danske dyrkningsjords tilstand og kvalitet-konsekvenser af trafik og jordbearbejdning. *Tidsskrift for Landøkonomi*, 4, 293-300.

Shanmugam, S., Hefner, M., Labouriau, R., Trinchera, A., Willekens, K., & Kristensen, H. L. (2022). Intercropping and fertilization strategies to progress sustainability of organic cabbage and beetroot production. *European Journal of Agronomy*, 140, 126590.

- Stinner, B.R. & House G.J. (1990): Arthropods and other invertebrates in conservation-tillage agriculture. *Annual Review of Entomology*. 35, 299-318.
- Page, K., Dang Y. & Dalal R. (2013): Impacts of conservation tillage on soil quality, including soil-borne crop diseases, with a focus on semi-arid grain cropping systems. *Australasian Plant Pathology*. 43, 363-377.
- Thomsen M.G., Brandsæter L.O. & Fykse H. (2013). Regeneration of Canada Thistle (*Cirsium arvense*) from Intact Roots and Root Fragments at Different Soil Depths *Weed Science* 61, 277-282.
- Thorbek, P. & Bilde T. (2004): Reduced numbers of generalist arthropod predators after crop management. *Journal of Applied Ecology*. 41, 526-538
- Thorsted, MD, Nielsen, G.C., Petersen, P.H. Sandal, E. (2017). *Planteværn. Kapitel i: Inspiration og vejledning i reduceret jordbehandling*. SEGES Agro Food Park 15 8200 Aarhus N
- Trichard, F., Aligieri, I., & Chiesa, M. (2014). Weed seed predation in different agricultural cropping systems: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 190, 142-153.
- Vanova, J., Stepanek, J., & Bures, I. (2011). Effect of tillage practices on the occurrence of soil-borne diseases of winter wheat in the Czech Republic. *Plant, Soil and Environment*, 57(12), 561-567.
- Voss, M.C., Ulber, B. & Hoppe, H.H., (1998). Impact of reduced and zero tillage on activity and abundance of slugs in winter oilseed rape. *Z. Pflanzenkr. Pflanzensch.* 105, 632-640

4.2 Princip 2: Levende plantedække året rundt

Forfattere: Jon Aagaard Enni (ICOEL), Hanne Lakkenborg Kristensen (AU-FOOD) og Johannes Ravn Jørgensen (AU-AGRO)

Grønne marker hele året er en velkendt målsætning i dansk økologi. Dette princip har to hovedformål:

Effekter over og på jordoverfladen: Beskyttelse af jorden mod vand- og vinderosion samt temperatur-ekstremer. Desuden forbedret bæreevne, og reduceret UV-påvirkning af mikrolivet i de øverste jordlag.

Effekter under jordoverfladen: Beskyttelse/forøgelse af jordens indhold af organisk stof. Forbedret jordstruktur, luftskifte, vandinfiltration og næringsstoffretention. Opretholdelse af fødegrundlaget for mikroliv i rodzonen via rhizodeponeret, organisk stof (rodeksudater og rodfragmenter).

Teknikker, hvor man dækker jorden med dødt organisk materiale (mulching), er mindre relevante i dansk sammenhæng, dels fordi det organiske materiale har mange andre anvendelsesmuligheder (f.eks. Maimann, 2024), og dels fordi erfaringen med mulch i økologisk grøntsagsproduktion er, at jorrdækket i det fugtige danske klima risikerer at skabe gunstige forhold for opformering af snegle og patogene svampe. I dansk sammenhæng er det mere relevant at arbejde med et plantedække året rundt, som, udover at beskytte jorden mod erosion og temperaturudsving, kan tilføre jorden organisk materiale via rodeksudater og planterødder.

Efter- og mellemafgrøder

Efterafgrøder spiller en afgørende rolle i regenerative dyrkningsstrategier for enårige hovedafgrøder. Som værktøj opfylder efterafgrøderne, hvis de formuleres, etableres og termineres korrekt, samtlige formål for princippet om levende jorrdække, foruden effektiv ukrudtskonkurrence og evt. grovfoderproduktion, f.eks. ved afgræsning af efterafgrøder i efteråret eller det tidlige forår. Samtlige af de nævnte positive effekter af efterafgrøder øges ved øget biomasseproduktion (McLelland, 2021; Thorup-Kristensen, 2020). Produktionen af biomasse hænger tæt sammen med vækstperiodens længde, og derfor bliver etableringstidspunktet en vigtig parameter at optimere.

Under danske forhold skelner vi mellem efterafgrøder, som dyrkes før vårafgrøder, og mellemafgrøder, som dyrkes før vinterafgrøder. Forskellen er dermed primært tidlig, og for at lette læsningen anvendes betegnelsen efterafgrøder om alle ikke-hovedafgrøder i det følgende.

Efterafgrøder kan tjene en række forskellige formål:

- Tilbageholdelse af overskydende næringsstoffer (primært kvælstof) fra den foregående hovedafgrøde, og efterfølgende frigivelse til den efterfølgende hovedafgrøde ved nedmuldning. Denne funktion modvirker udvaskning af kvælstof til vandmiljøet og sænker den efterfølgende afgrødes behov for gødsning. De lovpligtige efterafgrøder har denne funktion som deres primære formål, og efterafgrøder, som dyrkes med dette formål kaldes på engelsk "catch crops" eller "cover crops" (amerikansk).

- Jorddække uden for vækstsæsonen. Denne funktion beskytter jorden mod erosion, undertrykker ukrudt gennem konkurrence og begunstiger jordens mikrobielle liv – navnlig de biotrofe organismer, som lever af rodesudater. På engelsk kaldes efterafgrøder, som primært dyrkes med dette formål for øje, "cover crops".
- Fiksering af atmosfærisk kvælstof ved hjælp af bælgplantearter. Denne funktion har til formål at akkumulere kvælstof til den efterfølgende afgrøde, som derved får sænket sit gødsningsbehov. Det er tilladt med efterafgrødeblandinger med op til 25 pct. kvælstoffikserende arter (beregnet ud fra frøantal), mens den resterende del af blandingen skal udgøres af godkendte arter af efterafgrøder (Landbrugsstyrelsen, 2024). Efterafgrøder, som primært dyrkes med dette formål, kaldes grøngødning (green manure), men begrebet grøngødning dækker både efter-, mellem- og hovedafgrøder (helårsgrøngødning), som primært dyrkes for deres forfrugtsværdi.
- Biologisk jordløsning. Visse plantearter, med særligt dybe rødder og kraftig vækst, har evnen til at løsne pløjesåler og anden skadelig jordpakning.

I praksis vil en given efterafgrøde tjene flere, hvis ikke alle, af de nævnte formål, men artssammensætning, såteknik og timing har afgørende betydning for, hvor godt en given efterafgrøde udfører de forskellige funktioner. I dette afsnit lægges vægten på formål 2 – jorddække, ukrudtskonkurrence og understøttelse af jordens mikrobielle liv.

Efterafgrødearters evne til at konkurrere med ukrudt afhænger i høj grad af deres etableringsevne. Arter med hurtig tilvækst og god evne til at skaffe lys og næringsstoffer har en betydelig fordel i forhold til ukrudt, der typisk har en langsommere etableringsfase. Korsblomstfamilien (*Brassicaceae*) er kendt for at indeholde arter med gode etableringsegenskaber, og derfor er de ofte anvendt som efterafgrøder, men også arter med allelopatiske egenskaber, både under væksten og som dødt plantemateriale efter nedvisning, kan i betydelig grad hæmme ukrudtet (Teasdale, 2018).

Undersåning/etablering som udlæg

Etablering af efterafgrøder kan enten foregå ved undersåning om foråret i en vårsæt hovedafgrøde, senere på sæsonen for at mindske konkurrence med hovedafgrøden i rækkeafgrøder (Xie & Kristensen, 2017) eller lige efter høst. Det er også muligt at bredsprede frøene kort inden høst, hvilket konventionelle planteavlere gør rutinemæssigt med fine resultater, men for danske økologer fungerer denne såteknik ikke. Erfaringen er, at bredspredning giver for dårlig fremspiring, fordi ukrudtstrykket i økologiske marker generelt er højt hen mod høst af en kornafgrøde. Når fremspiringen er dårlig, kan efterafgrøden ikke konkurrere tilfredsstillende med ukrudtet, og giver derfor ikke det ønskede resultat. I det hele taget anbefales bredspredning ikke som såteknik i økologien, hvor den kan undgås.

Eftersåning, dvs. såning efter høst, praktiseres på mange bedrifter, og kan med den rette såmaskine og et veltilberedt såbed give en udmærket etablering. Efterafgrøder sået efter høst præsenterer udfordringer:

- Timing – seneste dato d. 15/8 (sidste frist for etablering af pligtige efterafgrøder: 20/8)
- Usikkerhed om jordfugt og såbedstilberedning
- Økonomi – ekstra arbejdsgange, herunder pløjning
- Artsvalg – ingen bælgplanter udover vintervikke. Risiko for opformering af sædskiftesygdomme f.eks. kålbrot for efterafgrøder fra korsblomstfamilien

Og følgende fordel:

- Mulighed for bekæmpelse af rodukrudd (dobbeltpløjning)

Undersåning, også kaldet etablering som udlæg, af efterafgrøder giver efterafgrøden den længste mulige vækstperiode og dermed de bedste forudsætninger for biomasseproduktion og dyb rodvækst, men har følgende ulemper:

- Ingen/begrænset mulighed for ukrudtsbekæmpelse - rodukrudd i efteråret, radrensning eller strigling i foråret, afhængigt af etableringstidspunkt og -teknik
- Artsvalg begrænset af potentiel frøsetning og konkurrence med hovedafgrøden
- For høj konkurrence fra den undersåede efterafgrøde
- Høstudfordringer ved for kraftigt udlæg

Og følgende fordele:

- Mere sikker etablering – bedre jordfugt i foråret
- Økonomi – sparede arbejdsgange
- Længere vækstperiode
- Flere egnede, kvælstoffikserende arter

Der findes ingen nøjagtige opgørelser over anvendelsen af efterafgrøder i dansk økologi, herunder arts-sammensætning og etableringstidspunkt. De lovpligtige efterafgrøder indberettes årligt i markplanen, men da der ikke er ensretning ift. navngivning af blandinger og såtidspunkter, giver indberetningerne kun det samlede areal, hvorpå de pligtige efterafgrøder dyrkes. Innovationscenter for Økologisk Landbrug foretog i 2022 en spørgeskemaundersøgelse blandt alle landets økologikonsulenter, som rådgiver i planteavl (svarprocent: 37), og spørgsmålene handlede om udbredelse af frivillige efterafgrøder, såtilder, antal arter i blandingerne og meget andet (Hermansen, 2022). Ifølge økologikonsulenterne dyrker danske økologer lige så mange frivillige som pligtige efterafgrøder. Det betyder, ifølge én af undersøgelsens forfattere, at der samlet set dyrkes efterafgrøder på ca. 25% af det økologiske areal i Danmark (Sven Hermansen, personlig kommunikation). Undersøgelsen viser desuden, at ca. to tredjedele af de pligtige efterafgrøder bliver undersøgt, hvilket ifølge Sven Hermansen kan forklares ved, at kvægbedrifter har størst anvendelse af græsbaseerede efterafgrøder sammenlignet med alternativerne, som primært er korsblomstrede arter eller korn. Det er fra 2022 tilladt at inkludere kvælstoffikserende arter i de pligtige efterafgrøder, men pga. myndighedernes antagelse om en eftervirkning/forfrugtsværdi på 50 kg N/ha, som derfor fratrækkes næste års N-kvotet, indeholdt kun 2% af de pligtige efterafgrøder N-fikserende arter i 2022. Fordi artsvalget i de pligtige efterafgrøder er begrænset (Landbrugstyrelsen

2024b), kan andelen af undersåede efterafgrøder ikke antages at være ens mellem pligtige og frivillige efterafgrøder.

Jævnfør ovenstående afsnit om udbredelse er det begrænset, hvor meget det økologiske areal med efterafgrøder potentielt set kan udvides. Undersåede efterafgrøder lader sig kun gøre i de vårsåede hovedafgrøder, og af dem er det ikke alle arter, der rent praktisk giver plads til et udlæg, somf.eks. kartofler, frøgræs. Undersåning i rækkeafgrøder af grøntsager har potentiale pga. sen høst kombineret med høj risiko for tab af efterladt kvælstof i mange grøntsagsarter. Sen høst hindrer rettidig etablering af efterafgrøder efter høst, hvilket kunne afhjælpes med undersåning. Men der mangler viden om artsvalg, teknik m.m. (Tei et al. 2017).

Det økologiske areal med korn var i 2023 86.139 ha, og heraf fyldte vårsået korn 54.748 ha (Landbrugsstyrelsen, 2024), dvs. knap to tredjedele af det samlede økologiske kornareal.

Kløvergræsmarker og helårsgrøngødning

I Danmark er kløvergræs ét af de vigtigste kulstofopbyggende og erosionsbegrænsende indslag i almindelige økologiske sædskifter. Adskillige langvarige dyrkningsforsøg bekræfter, at flerårige græsmarker hæver jordens indhold af organisk stof, sammenlignet med ensidig dyrkning af enårige afgrøder (Börjesson et al., 2018; Hu et al., 2018; Jensen et al., 2022). Mange græsarter har god vækst (og en meget lang vækstsæson sammenlignet med de fleste enårige afgrøder) under de kølige, fugtige, danske dyrkningsbetingelser, og græs i renbestand har som afgrøde mange af de samme miljøfordele som kløvergræs. Den primære forskel ses i afgrødernes gødsningsbehov, hvor kløverarternes evne til biologisk kvælstoffiksering sænker det samlede behov for tilført gødning betydeligt, samtidig med at høstproduktets proteinindhold øges med stigende kløverandel i græsmarksblandingen (Thers et al., 2022). Græsmarker bidrager til jordens kulstofindhold på flere måder. For det første er græsmarker flerårige, hvilket som regel medfører dybere rodvækst end der ses i enårige afgrøder (Thorup-Kristensen et al., 2020). I det levende planterødders bidrag (rhizodeponeret C) til jordens kulstoflager indlejres langt mere effektivt (46% af total C-input) i puljen af beskyttet, stabilt kulstof (mineral associated organic carbon) end de overjordiske plantedeles C-bidrag (7% af totalt C-input) (Villarino et al., 2021), er røddernes morfologi og dybde afgørende for opbygningen af beskyttet, stabilt kulstof (Engedal et al., 2023).

Græsmarker er desuden ukrudtssanerende i sædskiftet, især når der tages hyppige slæt, men også afgræsning med efterfølgende mekanisk afpudsning virker hæmmende på mange arter af problematisk ukrudt, såsom tidsler og svinemælk (Askegaard et al., 2021). Derudover giver flerårige kløvergræsmarker ved opløjning de højeste forfrugtsværdier af alle økologiske afgrøder.

Artssammensætningen af græsmarksblandinger vil blive behandlet i næste kapitel om princippet maksimal artsdiversitet.

I relation til de regenerative principper, levende plantedække hele året og minimal forstyrrelse af jorden, er følgende forhold af særlig interesse:

- Etablering af græsmarker. Tidspunkt, teknik og strategi.
- Liggetid: Persistens, slætstrategi, gødskning og udbytte over tid.
- Terminering: Tidspunkt, teknik og efterfølgende afgrøde.

Kløvergræs dyrkes i Danmark stort set udelukkende som foder til drøvtyggere. Ifølge Statistik over økologiske jordbrugsbedrifter 2023 var der "Foder af græs, kløver og lucerne" og "Foder af helsæd og grønkorn" på hhv. 47% og 6,7% af det økologiske areal i Danmark i 2023 (Landbrugsstyrelsen, 2024b). Produktionen af grovfoder optager dermed 54% af det økologiske areal, mens grovfoderproduktionen på det samlede, danske landbrugsareal kun optager 29% (Ibid.).

I økologiske grøntsagssædskifter er helårskløvergræs (helårsgrøngødning) særdeles vigtig til at give jorden ro ift. den intensive grøntsagsdyrkning (intensiv jordbearbejdning m.m.), samt til ukrudtssanering, produktion af plantebaseret gødning ved slæt samt forfrugtsværdi til næste års N-krævende grøntsagsafgrøde. Helårsgrøngødning vil være et vigtigt element i regenerativ grøntsagsproduktion (Hefner et al. 2022).

Selvom langt størstedelen af det økologiske kløvergræs anvendes som foder og helårsgrøngødning, er der i løbet af de seneste 10-15 år kommet nye anvendelsesmuligheder til, såsom salg til biogas- og bioraffinering, og interessen for disse anvendelsesmuligheder vurderes at være stigende. Ifølge beregninger foretaget i projektet ClimOptic (Organic RDD 4) kan det at dyrke kløvergræs til biogasproduktion og få biogasgødning med højere udnyttelsesgrad retur resultere i en reduktion af økologiske bedrífers klimaaftryk og en forbedring af den samlede produktionsøkonomi (Husted og Fog, 2022). Bioraffinering af græsprotein kan potentielt medvirke til at gøre kløvergræs endnu mere interessant som afgrøde. Det skyldes, at græsproteinet vurderes at være velegnet som tilskudsfoder til enmavede dyr, og der arbejdes på at raffinere det yderligere til anvendelse i plantebaserede fødevarer. Desuden kan restprodukterne fra proteinekstraktionen finde anvendelse, enten direkte som plantebaseret gødning eller som input til biogasproduktion.

Referencer

- Askegaard, M., Hermansen, S., & Østergaard, C. (2021). Faglig guide til økologiske planteavlere Fakta fra øko-forskningen krydret med solid erfaringsbaseret viden. ICROFS
- Börjesson, G., Bolinder, M. A., Kirchmann, H., & Kätterer, T. (2018). Organic carbon stocks in topsoil and subsoil in long-term ley and cereal monoculture rotations. *Biology and Fertility of Soils*, 54, 549-558.
- Engedal, T., Magid, J., Hansen, V., Rasmussen, J., Sørensen, H., & Stoumann Jensen, L. (2023). Cover crop root morphology rather than quality controls the fate of root and rhizodeposition C into distinct soil C pools. *Global change biology*, 29(19), 5677-5690.
- Hefner, M., Sorensen, J.N., De Visser, R., Kristensen, H. L. (2022) Sustainable intensification through double-cropping and plant-based fertilization: production and plant-soil nitrogen interactions in a 5-year crop rotation of organic vegetables. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 2022, 46(8): 1118-1144
- Hermansen, Sven (2022) Spørgeundersøgelse - Økologer har efterafgrøder i hver fjerde mark. Innovationscenter for Økologisk Landbrug.
- Hu, T., Taghizadeh-Toosi, A., Olesen, J. E., Jensen, M. L., Sørensen, P., & Christensen, B. T. (2019). Converting temperate long-term arable land into semi-natural grassland: decadal-scale changes in topsoil C, N, 13C and 15N contents. *European Journal of Soil Science*, 70(2), 350-360.
- Husted, M., & Fog, E. (2022). Kløvergræs og biogasgødning er godt for klimaet. *Økologi-inspiration til jordbruget*, 2022(9), 4.
- Jensen, J. L., Beucher, A. M., & Eriksen, J. (2022). Soil organic C and N stock changes in grass-clover leys: Effect of grassland proportion and organic fertilizer. *Geoderma*, 424, 116022.
- Landbrugsstyrelsen (2024a). Vejledning om pligtige efterafgrøder og husdyrefterafgrøder og dyrkningsrelaterede tiltag 2024/25. 70p.
- Landbrugsstyrelsen, (2024b). Statistik over økologiske jordbrugsbedrifter 2023. Landbrugsstyrelsen. 60p.
- Maimann, H. (2024) Præsentationen "Halm til det hele" Plantekongres 2024. https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/4/6/1/62_plk24_halm_til_det_hele.pdf
- McClelland, S. C., Paustian, K., & Schipanski, M. E. (2021). Management of cover crops in temperate climates influences soil organic carbon stocks: a meta-analysis. *Ecological Applications*, 31(3), e02278.
- Teasdale, J.R., (2018). The use of rotations and cover crops to manage weeds. Chapter 12 in: *Integrated weed management for sustainable agriculture*. Editor R.L. Zimdahl. Burleigh Dodds Science Publishing (www.bdspublishing.com), Cambridge, UK, 227-260.
- Tei, F., De Neve, S., de Haan, J., Kristensen, H.L. (2020) Nitrogen management of vegetable crops. *Agricultural Water Management* 240 1 October 2020, 106316
- Thers, H., Jensen, J. L., Rasmussen, J., & Eriksen, J. (2022). Grass-clover response to cattle slurry N-rates: Yield, clover proportion, protein concentration and estimated N₂-fixation. *Field Crops Research*, 287, 108675.
- Thorup-Kristensen, K., Halberg, N., Nicolaisen, M., Olesen, J. E., Crews, T. E., Hinsinger, P., ... & Dresbøll, D. B. (2020). Digging deeper for agricultural resources, the value of deep rooting. *Trends in Plant Science*, 25(4), 406-417.
- Villarino, S. H., Pinto, P., Jackson, R. B., & Piñeiro, G. (2021). Plant rhizodeposition: A key factor for soil organic matter formation in stable fractions. *Science Advances*, 7(16), eabd3176.

Xie, Y., and Kristensen, H.L. (2017) Intercropping leek (*Allium porrum* L.) with dyer's woad (*Isatis tinctoria* L.) increases rooted zone and agro-ecosystem retention of nitrogen. *European Journal of Agronomy* 82: 21-32.

4.3 Princip 3: Maksimal artsdiversitet

Forfattere: Jon Aagaard Enni og Tove Mariegaard Pedersen (ICOEL), Hanne Lakkenborg Kristensen (AU-FOOD) og Johannes Ravn Jørgensen (AU-AGRO)

Målsætningen om maksimal artsdiversitet kan i økologisk landbrug introduceres som en central del af driften for at styrke agroøkosystemets robusthed og bæredygtighed. Flere metoder kan anvendes til at introducere og opretholde artsdiversitet i landbrugspraksis, herunder sædskifte, samdyrkning (intercropping), sribedyrkning, mellemafgrøder, efterafgrøder, dæksæd, arts- og sortsblandinger og sortsvalg.

Sædskifte

Introduktion af artsdiversitet via sædskifte er en velkendt praksis, hvor forskellige afgrøder dyrkes på samme mark i en bestemt rækkefølge over flere år. Her er tiden og frekvensen mellem afgrøderne den betydende faktor. Dette hjælper med at bryde skadedyrs- og sygdomscyklusser, forbedre jordens sundhed og øge næringsstofudnyttelsen. For eksempel kan bælgplanter, der fikserer kvælstof, indgå i sædskiftet for at berige jorden med kvælstof til efterfølgende afgrøder (Zhao et al., 2022).

Samdyrkning (intercropping) og sribedyrkning

Samdyrkning (intercropping), defineret som dyrkning af to eller flere afgrøder samtidigt på samme mark (f.eks. byg/ært eller lupin/hvede), er en dyrkningsteknik, der diversificerer dyrkningssystemet rumligt. Dyrkningsteknikken har flere fordele, såsom reducerede drivhusgasemissioner (Wang et al. 2021), forbedret ukrudtskontrol og øget udbytte (Carton et al., 2020; Hauggaard-Nielsen et al., 2008) og forbedret kvalitet af den høstede afgrøde (Tosti og Guiducca, 2010). Desuden fremmer blandingsafgrøder jordmikrobiel diversitet, hvilket forbedrer jordkvaliteten og frugtbarheden. En væsentlig fordel ved bælgplanter i blandingsafgrødesystemer er deres evne til at fikserer atmosfærisk kvælstof i jorden via rodknolde, hvilket fungerer som naturlig gødning (Jensen, 1996). Øget hyppighed af bælgplanter på det dyrkede areal er dog forbundet med en betydelig risiko for signifikante udbyttetab pga. et kompleks af sædskiftebetingsede og udsædsbårne sygdomme (Willie et al., 2019). Ærterodråd (*Aphanomyces euteiches*), der kan forårsage op til 80% udbyttetab, er den mest tabsvoldende sædskiftesygdom i ærter og kan overleve i jorden i 15-20 år (Gaulin et al., 2007). Er ærterodråd først kommet ind i sædskiftet som en sygdom, er den eneste måde at kontrollere sygdommen på, helt at undgå dyrkning af bælgplanter i op til 10 år, og ærter specifikt i 15-20 år (Pedersen, 2024, Landbrugsinfo). Derudover udgør afgrøder domineret af bælgplanter en betydelig risiko for kvælstofudvaskning, når de nedmuldes. Derfor er det afgørende, at timing og teknik for nedmuldning af afgrøder med forventeligt høje forfrugtsværdier optimeres, så risikoen for udvaskning minimeres.

Samdyrkning af grøntsager eller grøntsager og efterafgrøder bygger på, at de samdyrkede arters økologiske nicher komplementerer hinanden i højere grad end de overlapper (Carrillo-Reche et al., 2023). En art kan facilitere væksten af den anden art i stedet for at konkurrere (Xie & Kristensen, 2017). Samdyrkning af spidskål og hestebønne (dyrket som grøntsag), og samdyrkning af porre og farvevaid (efterafgrøde) viste komplementære rodsystemer og kvælstofbehov hos de samdyrkede arter. Afgrøderne

opnåede det samme eller større udbytte (landækvivalent forhold ≥ 1), og risikoen for nitratudvaskning efter høst var lavere, end når afgrøderne blev dyrket i monokultur (Xie og Kristensen, 2017; Shanmugam et al. 2022a). Samdyrkning af rødbede og hvidkål havde derimod ikke komplementære nicher, men udbytter kunne opretholdes på samme niveau som ved dyrkning i monokultur. Konkurrencen mellem de to arter kunne styres vha. forskudt etableringstidspunkt, og samdyrkning stimulerede mykorrhizadannelsen hos rødbede (Shanmugham et al. 2022b).

Samdyrkning af blomkål i nyfræsede jordstriber i en overvintrende kløvergræsmark opretholdt udbytte og reducerede risiko for nitratudvaskning i blomkål. Systemet muliggjorde insekters og mikroorganismers uforstyrrede aktivitet i de vedvarende (no-tillage) kløvergræsstriber fra april til september året efter, samtidig med produktion af blomkål i jordstriberne. Systemet krævede rodbeskæring af kløvergræsstriberne for at styre konkurrencen overfor blomkål (Xie & Kristensen, 2016).

Stribedyrkning og samdyrkning er begge metoder til at dyrke flere afgrøder på samme tid, men de adskiller sig i måden, hvorpå afgrøderne placeres og dyrkes på marken. Stribedyrkning involverer dyrkning af forskellige afgrøder i separate, men nærtliggende striber eller rækker på en mark (Brooker et al., 2015). Hver stribe eller række består af en enkelt afgrødeart, og der er en klar fysisk adskillelse mellem de forskellige afgrøder. Dette kan gøre det lettere at håndtere og høste de enkelte afgrøder, mens man stadig opnår nogle af fordelene ved diversificering, såsom reduceret skadedyrspres og forbedret jordfrugtbarhed. Stribedyrkning er ofte lettere at administrere med mekanisk udstyr, fordi hver afgrøde er samlet i en særskilt stribe, men forudsætter, at bedriftens maskiner og redskaber kan arbejde i samme bredde, så overlap undgås.

Mellemafgrøder, efterafgrøder og dæksæd

Mellemafgrøder er afgrøder, der etableres før dyrkning af vintersædsafgrøder. Det vil sige, at mellemafgrøder vokser mellem høst af en forudgående hovedafgrøde (typisk vintersæd) og indtil såning af en efterfølgende vintersædsafgrøde (Thomsen et al., 2013). Etablering af mellemafgrøder blev i 2010 tilføjet som et alternativ til udlægning af lovpligtige efterafgrøder i gødskningsbekendtgørelsen med henblik på at opsamle kvælstof i den pågældende periode. Mellemafgrøder bidrager med at øge artsdiversiteten i det dyrkede system og kan beskytte jorden mod erosion, forbedre jordens struktur, tilføre kvælstof gennem symbiose med kvælstoffikserende bakterier, og undertrykke ukrudt. Dækafgrøder kan også skabe levesteder for nyttige insekter og mikroorganismer. Afgrøder, der kan benyttes som mellemafgrøder, er dog i "Vejledning om pligtige efterafgrøder og husdyrefterafgrøder og dyrkningsrelaterede tiltag" begrænset til olieræddike og/eller gul sennep eller frøgræs (Landbrugsstyrelsen 2024).

Efterafgrøder er afgrøder, der dyrkes mellem hovedafgrøderne, typisk efter høst og før såning af den næste hovedafgrøde (Landbrugsstyrelsen 2024). Formålet med de pligtige efterafgrøder er at mindske kvælstofudvaskningen fra hovedafgrøden høstes, og indtil der etableres en ny afgrøde det følgende forår. De pligtige efterafgrøder bidrager til Danmarks opfyldelse af Nitratdirektivet. Formålene er således primært at fastholde og genbruge næringsstoffer i jorden, men kan også bidrage til at forbedre jordens struktur og frugtbarhed ved at tilføre organisk materiale og fremme mikrobiologisk aktivitet og

konkurrere med ukrudt og derved reducere behovet for ukrudtsbekæmpelse. Etableringen af efterafgrøder vil dog også påvirke artsdiversiteten positivt via etableringen af flere arter i det dyrkede areal. Der er en lang række afgrødetyper, der kan benyttes som pligtige efterafgrøder og husdyrefterafgrøder så som: korsblomstrede afgrøder; korn; rent græs uden kløver, honningurt; cikorie; klinte; hjulkrone; morgenfrue og frøgræs der efter høst fortsætter som efterafgrøde (Landbrugsstyrelsen 2024)

Ved etablering af afgræsningsmarker og græsfrømarker benytter man sig ofte af at etablere afgrøden i den foregående afgrøde, som så kaldes dæksæd eller dækafgrøder. Det er ofte vårbyg eller vårhvede, der benyttes (Christiansen et al., 2015). Der er ligeledes gode erfaringer med at anvende kvælstoffikserende dækafgrøder, f.eks. hestebønne og grøncært. Derved suppleres gødskningen, og der opnås et kraftigt udlæg. Havre vil som regel være for kraftig i vækst som dækafgrøde, da der vil være risiko for, at udlægget undertrykkes. Udlægget bør etableres samtidig med eller umiddelbart efter, at dækafgrøden er sået.

Arts- og sortsblandinger:

En måde at øge artsdiversiteten i de dyrkede afgrøder i regenerativt landbrug, er via anvendelse af artsblandinger. Græsmarksblandinger med græsser og kløver er velkendte og bruges meget.

I sortsblandinger dyrkes to eller flere komponentvarianter samtidig inden for samme mark, hvilket tilfører afgrøden og dyrkningssystemet diversitet. Hypotesen er, at genetisk, fysiologisk, strukturel og fænotypisk diversitet blandt komponentvarianterne kan fremme gavnlige interaktioner mellem varianterne samt mellem varianterne og deres omgivelser. Dyrkning af forskellige sorter af en afgrødeart i sortsblandinger repræsenterer en lavteknologisk metode til at øge og stabilisere udbyttet, og er i korn vist at reducere sygdomsangreb (Smithson og Lenné, 1996). Dyrkning af sortsblandinger af forskellige afgrøder er et karakteristisk træk ved lav-input landbrug (Harlan, 1975). Ved dyrkning af hvedesortsblandinger er det vist, at sortsblandinger generelt fører til øget udbytte og udbyttestabilitet på tværs af år og miljøer, reduceret sygdomsgrad og nedsat risiko for lejesæd før høst sammenlignet med dyrkning af rene sorter (Kristoffersen et al., 2020). Desuden kan blandinger forsinke udviklingen af fungicidresistens og øge den genetiske diversitet, hvilket forlænger holdbarheden af resistensgener. Desuden kan dyrkning af blandinger mindske risikoen for afgrødesvigt på grund af ekstreme vejrændelser og føre til bedre udnyttelse af vand og næringsstoffer. Dyrkning af sortsblandinger har længe været kendt og anvendt i vårbyg, men har i de senere år fået en stor udbredelse og betydning for dyrkning af hvede i Danmark (Vestergaard og Jørgensen, 2024), og de vil pga. de førnævnte egenskaber være velegnede til dyrkning i regenerative dyrkningssystemer.

Sortsvalg

Sorter, der skal kunne dyrkes regenerativt, skal besidde en lang række egenskaber for at matche specifikke regenerative dyrkningskontekster og funktioner for at være egnet til at dyrkes efter økologiske principper (Nielsen & Kristensen, 2001). Flere af disse egenskaber er generelle, uanset sortens placering i dyrkningssystemet:

- Sorter skal have et højt udbyttepotentiale under økologiske dyrkningsforhold, hvor tilgængeligheden af eksterne input er begrænset.
- Sorter skal have en robust modstandsdygtighed over for almindelige sygdomme for at kunne klare sig.
- Sorter skal have en god evne til at konkurrere med ukrudt for at reducere behovet for mekanisk ukrudtsbekæmpelse.
- Sorter skal være effektive til at udnytte tilgængeligt kvælstof for at minimere risikoen for udvaskning og have et lavt optimalt kvælstofniveau for at begrænse behovet for gødnings-tilførsel.

Derudover kan der afhængig af placeringen i sædskiftet være en række specifikke ønsker:

- Tidlige afgrøder giver mulighed for etablering af efterafgrøder eller grøngødning, der kan forbedre jordens frugtbarhed og struktur.
- Sorter med en lang periode for næringsstofoptagelse kan effektivt udnytte næringsstoffer frigivet i løbet af vækstsæsonen.
- Sorter med kraftig og dyb rodvækst er mere robuste, har effektiv vand- og næringsstofudnyttelse og stimulerer mikrobielt liv i jorden via rodesudater og omsætning af rødderne
- Sorter skal være robuste over for mekanisk ukrudtsbekæmpelse for på samme tid at tillade mekanisk ukrudtsbekæmpelse og at minimere jordforstyrrelse og erosion.
- Sorter skal være velegnede til dyrkning i rækker for at muliggøre effektiv mekanisk ukrudtsbekæmpelse og forbedre adgang til afgrøden til høst.

Udover disse generelle egenskaber er specifikke sortsegenskaber afhængige af afgrødetype, jordbundsforhold, klima og andre dyrkningsfaktorer.

Referencer

- Brooker, R.W., Bennett, A.E., Cong, W.F., Daniell, T.J., George, T.S., Hallett, P.D., Hawes, C., Iannetta, P.P., Jones, H.G., Karley, A.J. and Li, L., 2015. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist*, 206(1), pp.107-117.
- Carrillo-Reche J, Le Noc T, van Apeldoorn DF, Juventia SD, Westhoek A, Shanmugam S, Kristensen HL, Hondebrink M, Himanen SJ, Kivijärvi P, Lepse L, Dane S, Rossing WAH (2023) Finding guidelines for cabbage intercropping systems design as a first step in a meta-analysis relay for vegetables. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 354 (September 2023).
- Carton, N.; Naudin, C.; Piva, G.; Corre-Hellou, G. Intercropping winter lupin and triticale increases weed suppression and total yield. *Agriculture* 2020, 10 (8), 316.
- Christiansen, P., Boelt, B., Olsen, L.E. & Meinertsen, L. (2015). Økologisk græsfrøavl. Økologisk Landsforening. 48p.
- Gaulin, E., Jacquet, C., Bottin, A. and Dumas, B., 2007. Root rot disease of legumes caused by *Aphanomyces euteiches*. *Molecular Plant Pathology*, 8(5), pp.539-548.
- Harlan, J. R. (1975). *Crops and man*. Madison, WI: The University of Wisconsin Press.
- Hauggaard-Nielsen, H.; Jørnsgaard, B.; Kinane, J.; Jensen, E. S. Grain legume–cereal intercropping: The practical application of diversity, competition and facilitation in arable and organic cropping systems. *Renewable Agric. Food Syst.* 2008, 23 (1), 3– 12,
- Jensen, E. S. Grain yield, symbiotic N₂ fixation and interspecific competition for inorganic N in pea-barley intercrops. *Plant Soil* 1996, 182 (1), 25– 38
- Kristoffersen R, Jørgensen L, Eriksen L, Nielsen G, Kiær L (2020) Control of *Septoria tritici* blotch by winter wheat cultivar mixtures: meta-analysis of 19 years of cultivar trials. *Field Crop Res.*
- Landbrugsstyrelsen (2024). Vejledning om pligtige efterafgrøder og husdyrefterafgrøder og dyrkningsrelaterede tiltag 2024/25. 70p. Thomsen, I. K., Hansen, E. M., & Vinther, F. P. (2013). Evaluering af mellemafgrøders effekt i forhold til efterafgrøder. DCA-Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug,
- Nielsen B. & Kristensen, L. (ed.). (2001). Forædling af korn og bælgæd samt produktion af såsæd i økologisk jordbrug. FØJO-rapport nr. 15/2001. 168p.
- Pedersen, J.B. (2024) Dyrkningsvejledning for markært. SEGES.
- Shanmugam, S., Hefner, M., Labouriau, R., Trinchera, A., Willekens, K., & Kristensen, H. L. (2022a). Intercropping and fertilization strategies to progress sustainability of organic cabbage and beetroot production. *European Journal of Agronomy*, 140, 126590.
- Shanmugam, S., Hefner, M., Pelck, J. S., Labouriau, R., & Kristensen, H. L. (2022b). Complementary resource use in intercropped faba bean and cabbage by increased root growth and nitrogen use in organic production. *Soil use and management*, 38(1), 729-740.
- Smithson, M., & Lenné, J. M. (1996). Variety mixtures and the control of cereal diseases: A theoretical analysis. *Plant pathology*, 45(2), 381-390.
- Tosti, G.; Guiducci, M. Durum wheat–faba bean temporary intercropping: Effects on nitrogen supply and wheat quality. *Eur. J. Agron.* 2010, 33 (3), 157– 165
- Vestergaard, N. F., & Jørgensen, L. N. (2024). Variety mixtures of winter wheat: a general status and national case study. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 1-10.

Wang, X.; Chen, Y.; Yang, K.; Duan, F.; Liu, P.; Wang, Z.; Wang, J. Effects of legume intercropping and nitrogen input on net greenhouse gas balances, intensity, carbon footprint and crop productivity in sweet maize cropland in South China. *J. Cleaner Prod.* 2021, 314, 127997

Wille, L., Messmer, M.M., Studer, B., & Hohmann, P. (2019). Insights to plant-microbe interactions provide opportunities to improve resistance breeding against root diseases in grain legumes. *Plant, cell & environment*, 42(1), 20-40.

Xie, Y. and Kristensen, H.L. (2016) Overwintering grass-clover as intercrop and moderately reduced nitrogen fertilization maintain yield and reduce the risk of nitrate leaching in an organic cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) agroecosystem. *Scientia Horticulturae* 206:71-79.

Xie, Y., & Kristensen, H. L. (2017). Intercropping leek (*Allium porrum* L.) with dyer's woad (*Isatis tinctoria* L.) increases rooted zone and agro-ecosystem retention of nitrogen. *European Journal of Agronomy*, 82, 21-32.

Zhao, J., Chen, J., Beillouin, D., Lambers, H., Yang, Y., Smith, P., Zeng, Z., Olesen, J.E. and Zang, H., 2022. Global systematic review with meta-analysis reveals yield advantage of legume-based rotations and its drivers. *Nature Communications*, 13(1), p.4926.

Østergård, H., & Jensen, L. S. (2005). Effects of cultivar diversity on disease incidence and control in spring barley: A field experiment using a composite mixture. *Journal of Agricultural Science*, 128(4), 517-525.

4.4 Princip 4 - Integration af husdyr og planteavl

Forfattere: Anne Grete Kongsted og Klaus Horsted

Integration af planteavl og husdyr er et centralt princip for regenerativt landbrug. Målet med integrationen er at bruge dyrene aktivt til at understøtte økosystemtjenester. Husdyrene skal i tæt samspil med planteproduktionen bidrage til forbedringer såsom økosystemtjenester og forbedret jordsundhed. Derudover antages det, at dyrene i integrerede systemer og koncepter anvendes på måder, der understøtter de øvrige generelle principper i regenerativt landbrug, herunder minimal jordforstyrrelse, levende plantedække året rundt, maksimal artsdiversitet samt recirkulering af næringsstoffer.

Mulighederne og udfordringerne ved aktivt at bruge husdyrenes artsspecifikke karakteristika til at understøtte økosystemtjenester, samtidig med at de generelle regenerative principper overholdes, varierer med dyreart.

Grise

To karakteristiske træk ved grise er deres stærke motivation for rodeadfærd og deres alsidige fødeindtag. Grise har en unik evne til at fouragere både på og under jordoverfladen, hvilket kan føre til, at jorden hurtigt bliver endevendt og vegetationen ødelagt (Kongsted og Jakobsen, 2015). Dette harmonerer ikke umiddelbart med principperne om minimal jordforstyrrelse og levende plantedække året rundt.

I et forsøg på at hævde rodeadfærden udstyres økologiske søer i græsbaseerede systemer typisk med en trynering. Denne praksis er imidlertid ikke forenelig med princippet om, at dyrene i videst muligt omfang skal kunne udleve deres artsspecifikke naturlige adfærd. Andre tiltag til styring af rodeadfærden inkluderer løbende foldudvidelse (Jakobsen et al., 2015), flytninger til nye arealer i mobile systemer (Juil et al., 2021) eller oprettelse af særlige 'rodeområder' (Edge et al., 2005). Ingen af disse tiltag hindrer dog effektivt ødelæggelse af græsset i systemer med grise uden trynering. Det tyder dog på, at hyppige flytninger i sommerperioden kan medføre betydelig genvækst i den efterfølgende hvileperiode (Kristensen et al., 2021), hvilket indikerer, at græssets rodnet til en vis grad er intakt.

Adgang til veletablerede afgrøder med et dybt og kraftigt rodnet, såsom flerårigt lucerne, kombineret med løbende foldudvidelser kan til en vis grad hindre, at grisene roder dybt og dermed ødelægger vegetationen (Jakobsen et al., 2015). Derudover er der positive erfaringer med grise i samdrift med veletablerede energiafgrøder, som f.eks. pil, der er mere robuste over for grisens rodeadfærd sammenlignet med græs (Horsted et al., 2012). Implementering af træer kan dermed bidrage til bevarelse af et levende plantedække, især i vinterperioden, hvor der er sparsom genvækst af oprodet græs, og hvor rodeadfærden er særligt udbredt sammenlignet med forårs- og sommerperioden (Sandom et al., 2013).

Et alternativ til at reducere grisenes ødelæggelse af vegetationen, er en målrettet 'udnyttelse' af grisens adfærd og alsidige fødeindtag til alternativ jordbearbejdning og ukrudtsbekæmpelse før etablering af

en afgrøde evt. kombineret med opsamling af spildafgrøder, f.eks. i grønsagsproduktionen (Andresen, 2000; Singfield, 2007).

Uanset valg af strategi, forudsætter en opfyldelse af de regenerative principper, herunder recirkulering af næringsstoffer, at næringsstofbelastningen fra grisenes afsatte gødning tilpasses (eksisterende og kommende) afgrøders behov. Da næringsstofbelastningen hovedsageligt afhænger af dyretrykket sammenholdt med tilførslen af næringsstoffer via det tildelte foder (Kongsted et al., 2019), er det afgørende at justere arealadgang og fodringsstrategi efter afgrødernes behov, samtidig med at der tages hensyn til dyrenes ernæringsmæssige behov og krav, der varierer med sæson (Eskildsen et al., 2020) og fourageringsafgrøde (Kongsted et al., 2024). Der er behov for udvikling af beslutningsstøtteværktøjer, der kan bistå i denne tilpasning samt udvikling af teknologi, der kan optimere arbejdsgange i forbindelse med hegning, flytning og fodring, samtidig med, at der sikres god smittebeskyttelse.

Fjerkræ

Fjerkræ dækker flere arter, men her vil fokus være på æglæggende høner og i mindre grad langsomt voksende slagtekyllinger. Dog bør det kort nævnes, at især gæs kan være en overset fjerkræart i økologisk og regenerativt jordbrug pga. gæssenes evne til at konsumere store mængder græs, hvilket nedsætter behovet for tilførsel af især protein til systemet. Det er tidligere vist, at græssende gæs (fra 8 ugers alderen) med tilskud af majs kan opnå samme slutvægt ved en alder af 24 uger sammenlignet med gæs, der er fodret med fuldfoder (Guy et al., 1996). Samtidig forstyrrer gæs ikke jorden i nævneværdig grad, da de primært afgræsser. Bidraget til økosystemet vil dog afhænge af flere forhold, herunder belægningsgrad, flokstyrrelse, genetik, systemindretning mv.

Hønen er fra naturens side en skovfugl og således tilpasset arealer med mulighed for at søge ly og dække for rovdyr. Områder med træer, buske eller høje afgrøder, enten på hele eller dele af arealet er således de bedste betingelser for, at dyrene trives og benytter en stor del af området til fouragering. Åbne områder vil blot begrænse dyrenes adgang til udearealet, hvilket kan være årsag til nedsat dyrevelfærd og sundhed samt en høj koncentration af gødning i de områder, hvor dyrene opholder sig (miljörisiko). Derfor er der også krav om beplantninger i hønsegårde i økologisk produktion.

Skal høns have en rolle i regenerativt jordbrug vil det sandsynligvis kræve en systemomlægning i forhold til den nuværende økologiske produktionsform, så dyrenes naturlige egenskaber kan udnyttes og bidrage til økosystemet. Fra tiden før industrialiseringen var høns en naturlig del af det samlede landbrugssystem på de fleste gårde. Ofte gik de helt frit eller blev holdt i små stationære eller flytbare huse med adgang til arealer. Hønsene levede af, hvad de kunne finde, herunder spildkorn og frø fra høst, samt rester fra husholdning og bi-/affaldsprodukter fra den øvrige produktion. Dyrene forsynede således gården med æg og kød uden betydende input af næringsstoffer ud over det, der allerede var i systemet. Op gennem tiden blev produktionen af æg og kød adskilt, og der blev avlet på dyr med specifikke egenskaber indenfor de to produkttyper. I dag er æglæggere og slagtekyllinger højt ydende produktionsdyr i intensive produktionssystemer, der effektivt omsætter næringsstoffer til æg og kød. Det

har også betydet, at produktionssystemerne er mere isolerede fra andre bedriftsgrene, og således kræver input af næringsstoffer udefra, bl.a. i form af højværdi protein som f.eks. soja fra oversøiske lande. Dette gælder også i den økologiske produktion, der også anvender højt ydende genotyper i produktionssystemerne, om end de typisk har en lidt mindre effektivitet i forhold til de konventionelle æglæggere og slagtekyllinger.

Studier har imidlertid vist, at selv højt ydende æglæggere er i stand til at indtage en del af deres næringsbehov fra udearealet, hvis de integreres i systemer med planteproduktion, såfremt systemerne er indrettet, så de får mulighed herfor. Dvs. systemerne skal tage hensyn til dyrenes naturlige adfærd, herunder er foldindretning, flokstørrelse, afgrødetype, belægningsgrad og genetik centrale elementer i dette (Horsted & Hermansen, 2007). Med disse forhold taget i betragtning vil høns kunne integreres i planteproduktionen og bidrage til planteproduktionen. F.eks. kan høns inkluderes i produktion af frugt eller andre høje afgrøder og bidrage til bekæmpelse af skadedyr og ukrudt samt forsyning af gødning til planterne, samtidig med at dette har positiv betydning for dyrenes velfærd. Der er bl.a. gjort forsøg med langsomt voksende kyllinger (slagtealder 81-110 dage) i frugtplantage, der indikerede større fangst af æblebladhvæpse i parceller uden kyllinger, dog uden tegn på ændret frugtudbytte (Pedersen et al. 2004). Høns er en dyreart, der vil kunne udfylde en funktion i et regenerativt jordbrug og skovlandbrug, når belægningsgrad, fodringsstrategi, foldindretning mv. tænkes sammen med den påvirkning, der ønskes på et givet areal. En mulighed for at implementere det i praksis kan være ved hold af høns i flytbare enheder, enten indenfor en indhegning eller med en fast voliére, der flyttes med huset. På denne måde kan belastningen på plantedækket og fordelingen af gødningen styres, og samtidig kan fjerkræet integreres på arealer, der ikke nødvendigvis har høje planter/træer, som ellers er hønsenes foretrukne områder.

Kvæg

Kvæg har alle dage være holdt i afgræsningssystemer, men i dag opstaldes konventionelle køer typisk i staldsystemer, hvor foderet tilføres. Økologiske kvæg skal fra 15. april til 1. november have adgang til afgræsning, når vejrforholdene og hensyn til jordbunden og dyrene tillader det. Der er krav om, at dyrene har et optag af frisk afbidt græs, men der kan godt tildeles suppleringsfoder. Underforstået at dyrene ikke behøver at have hele deres næringsbehov dækket af afbidt græs. Det skal endvidere undgås, at græsarealerne bliver overgræsset eller optrådt (Vejledning om økologisk jordbrugsproduktion, 2024). Førstnævnte kan der være risiko for i perioder med tørke, hvor græssets vækst er lav, og sidstnævnte i periode med megen regn, som gør jorden blød og dermed i risiko for at blive optrådt. Dvs. økologisk kvægproduktion sigter efter at tage en form for hensyn til jordbunden, som også er kravet i regenerativt jordbrug. Imidlertid er der udfordringer i perioder med ekstremt vejr, i særdeleshed også fordi der er relativt store flokke af malkekvæg på de fleste økologiske bedrifter. Derudover vil hensynet til malkningen bevirke, at afstanden fra græsarealerne til malkestaldene skal medregnes i forhold til, hvilke arealer der kan benyttes til afgræsning. Dette kan evt. afhjælpes ved mobile malkeenheder (Duncan, 2016).

I den regenerative jordbrugspraksis regnes kvæg af flere som helt essentielt i forhold til bl.a. opbygningen af en sund jordbiologi, biodiversitet, klima og maksimalt udbytte af plantedelen mv. Word (2024)

henviser bl.a. til, hvordan store græssere i naturen har en positiv effekt på disse forhold, fordi de store flokke af dyr kontinuerligt flytter sig i takt med, at der afgræsses og dermed ikke ødelægger græsset. Samtidig bidrager dyrene med tilførsel af jævnt fordelt gødning via kokasser (der i sig selv er et lille biologisk samfund), ligesom dyrenes færdsel også bidrager til stimulation af rodaktivitet og mikrober mv.

For at opnå en lignende effekt i jordbruget og dermed maksimere kvægets positive effekt på bl.a. biodiversitet, jordens sundhed og produktivitet er der blandt regenerative landmænd arbejdet med systemer, hvor græssende dyr flyttes rundt mellem forskellige mindre parceller på gården, så hele arealet ikke belastes kontinuerligt, men gives fred efter en periode med afgræsning, hvorefter en ny fold tages i brug osv. (Cusworth et al., 2022). Målet er at bevare græsset på et stadie, hvor det har den højeste grad af fotosyntese og rodvækst. Dette sammen med kvægets færden og gødskning angives at have en betydning i forhold til at maksimere jordens kulstofbinding, en positiv effekt på den mikrobielle aktivitet i jorden, større biodiversitet, en forøgelse af jordens evne til at absorbere vand, færre parasitter og dermed sundere dyr mv. (Flack og Karreman, 2016). For at overføre den regenerative praksis i kvægholdet til økologisk jordbrug bør systemindretningen dermed tage hensyn til disse forhold.

I forhold til en systemudvikling af det økologiske jordbrug i en regenerativ retning kan det være en yderligere udviklingsmulighed at inddrage effekten af en kombination af flere driftsgrene. Herunder hvordan flere dyrearter i et system kan komplementere hinanden og forstærke de ønskede målsætninger for en regenerativ praksis i økologisk jordbrug. Et eksempel på dette i relation til kvægholdet kan være samgræsning eller skiftevis græsning med kvæg og fjerkræ. Duncan (2016) nævner et case study, hvor kvæget græssede et areal intensivt i 1-5 dage, og høns herefter blev indsat i et mobilt hus. Udover at livet omkring kokassen giver føde til fjerkræet, har det også den effekt, at kvægparasitter bekæmpes via hønsenes fourageringsaktivitet (Antell, 2005). Tilsvarende kombinationsmuligheder eksisterer mellem flere andre dyrearter og typer af planteproduktion, men er ikke nødvendigvis undersøgt.

Referencer

- Andresen, N. 2000. The foraging pig. Ressource utilisation, interaction, performance and behaviour of pigs in cropping systems. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Antell, S., 2005. Mixed grazing systems with cattle, laying hens and geese. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Rapport 265. ISBN: 91-576-6888-4.
- Cusworth, G., Lorimer, J., Brice, J. & Garnett, T., 2022. Green rebranding: Regenerative agriculture, future-pasts, and the naturalisation of livestock. *Trans. Inst. Br. Geogr.* 47, 1009-1027.
- Duncan, T., 2016. Chapter 4.3 - Case study: Taranaki farm regenerative agriculture. Pathways to integrated ecological farming. In: *Land Restoration – Reclaiming Landscapes for a Sustainable Future*, 271-287.
- Edge, H.L., C.A. Bulman, S.A. Edwards. 2005. Alternatives to nose-ring in outdoor sows: The provision of root crops. *Applied Animal Behaviour Science* 92: 15-26
- Eskildsen, M., Krogh, U., Nørgaard, J.V., Hedemann, M.S., Sørensen, M.T., Kongsted, A.G. & Theil, P.K. 2020. Grass clover intake and effects of reduced dietary protein for organic sows during summer. *Livestock science*, 241, 104212.
- Flack, S. & Karreman, H., 2016. *The art and science of grazing: How grass farmers can create sustainable systems for healthy animals and farm ecosystems*. London, UK: Chelsea Green.
- Guy, G., Rousselot-Pailley, D., Rosinski, A., Rouvier R., 1996. Comparison of meat geese performances fed with or without grass. *Arch. Geflügelk.* 60, 217- 221
- Horsted, K., Henning, J. & Hermansen, J.E., 2005. Growth and sensory characteristics of organically reared broilers differing in strain, sex and age at slaughter. *Acta Agriculturae Scandinavica – Section A* 55, 149-157.
- Horsted, K. & Hermansen, J.E., 2007. Whole wheat versus mixed layer diet as supplementary feed to layers foraging a sequence of different forage crops. *Animal* 1, 575-585
- Horsted, K., Kongsted, A.G., Jørgensen, U., Sørensen, J. 2012. Combined production of free-range pigs and energy crops- animal behaviour and crop damages. *Livestock Science* 150: 200-208.
- Jakobsen, M., Kongsted, A.G., Hermansen, J.E. 2015a. Foraging behaviour, nutrient intake from pasture and performance of free-range growing pigs in relation to feed CP level in two organic cropping systems. *Animal* <https://doi.org/10.1017/S1751731115001585>
- Juul, L., Kristensen, T., Theil, P.K., Therkildsen, M., Kongsted, A.G. 2021. Effect of two different feeding strategies on energy intake from pasture, feed efficiency and growth performance of growing-finishig pigs in a mobile pasture system. *Livestock Science* 252 <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104690>.
- Kongsted, A. G. & M. Jakobsen, 2015. Effect of genotype and level of supplementary concentrate on foraging activity and vegetation cover in an organic free-range pig system, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*, 65:3-4, 139-147 <http://dx.doi.org/10.1080/09064702.2016.1156152>
- Kongsted, A.G., Pedersen B.F., Kristensen I.S., Kristensen T., Eriksen J. 2019. Miljøpåvirkning fra udendørs hold af grise – Folddriftspraksis og næringsstofbalancer (Del I). DCA-nationalt center for Fødevarer og Jordbrug. 27 pp.
- Kongsted, A.G., van der Heide, M., Stødkilde, L., Johannsen, J.C., Eskildsen, M. 2024. Green feed in organic pig farming. Book chapter in *Advances in Pig Nutrition* (accepted for publication).
- Pedersen, H.L., Olsen, A., Horsted, K., Korsgaard, M. & Pedersen, B., 2004. Combined production of broilers and fruits. *ECO-FRU-VIT. 11th International Conference on cultivation technique and phytopathological problems in organic fruit growing*, Weinsberg, 131-136.

Sandom, C.J., Hughes, J., MacDonal, D.W. 2013. Rewilding the Scottish Highlands: Do wild boar, *Sus scrofa*, use a suitable foraging strategy to be effective ecosystem engineers? *Restoration Ecology* 21: 336-343

Singfield, C. 2023. Pig grazing as a regenerative alternative to tillage in market crop production: Comparing cover crop growth and soil health indicators. Master thesis, The university of British Columbia, Vancouver.

Vejledning om økologisk jordbrugsproduktion, 2024. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Landbrugsstyrelsen. 352 sider.

Word, C., 2024. What is the Role of Cattle in Regenerative Agriculture? <https://www.noble.org/regenerative-agriculture/livestock/what-is-the-role-of-cattle-in-regenerative-agriculture/>. Accessed 13th august 2024.

4.5 Princip 5: Recirkulering af ressourcer

Forfattere: Jon Aagaard Enni (ICOEL), Hanne Lakkenborg Kristensen (AU-FOOD) og Johannes Ravn Jørgensen (AU-AGRO)

Brugen af konventionel husdyrgødning i økologien retfærdiggøres sædvanligvis ved, at forbuddet mod brug af spildevandsslam i økologisk produktion gør det umuligt at lukke næringsstofkredsløbet, idet de næringsstoffer, som forlader den enkelte bedrift i form af landbrugsprodukter, ikke lader sig genvinde i form af den resulterende gødning. Det gælder dog kun den del af bedriftens salg, som går til humant konsum, så for planteproduktionen er tabet af næringsstoffer ad denne vej overskueligt, idet store dele af høstprodukterne går til foder, hvorimod næringsstoffabet fra den animalske produktion nærmer sig 100% af de via kød og mælk eksporterede næringsstoffer. Dog anvendes en del af affaldet fra husdyrproducenterne og slagterierne til kød-, blod-, fjer-, børste- og benmel (almindeligvis kaldet kød- og benmel eller blot kødbenmel), som er tilladte gødningsmidler i økologisk jordbrug (Landbrugsstyrelsen, 2024). Produkterne har et højt indhold af kvælstof og fosfor, og en rimelig gødningsvirkning, som dog i Landsforsøgene 2019 og 2020 var ringere end svinegyllens virkning (Landsforsøgene 2019 og 2020).

Spildevandsslam, også kendt som biogødning, er en væsentlig kilde til næringsstoffer, især fosfor, som recirkuleres til konventionelt dyrket landbrugsjord i Danmark (Askegaard, 2018). Slammet, der produceres på rensesanlæg, er rigt på både kvælstof og fosfor, hvilket gør det velegnet som gødning. De biologiske og kemiske metoder anvendt på rensingsanlæggene fjerner størstedelen af fosfor fra spildevandet, hvoraf en betydelig del ender i slammet. En stor del af det producerede slam genanvendes på konventionelt dyrket landbrugsjord, med op til 73% genanvendelse i 2016. På trods af variationer i næringsstofindholdet afhængigt af behandlingsmetoder og prøveudtagninger, anslås den årlige produktion af fosfor i spildevandsslam at være mellem 3.120 og 5.600 ton. Denne ressource kan potentielt spille en vigtig rolle i regenerativt landbrug i økologisk landbrug hvis forbuddet mod brug af spildevandsslam i økologisk produktion lempes.

Økologisk jordbrug udgør i dag så stor en del af det dyrkede areal i Danmark, at brugen af konventionelle kilder til gødning bliver mere og mere vanskeligt at retfærdiggøre overfor forbrugerne. Det gælder især for kvælstof, som kan fikseres fra atmosfæren vha. bælgplanter. Regenerativt økologisk landbrug har potentiale til at gøre dette bedre ved brugen af de regenerative principper.

Markafgrøders optag og udnyttelse af næringsstoffer afhænger af en lang række faktorer forbundet med jordbund, klima, nedbør, afgrøde- og gødningstype, udbringningsstrategi, forfrugtsværdi o.m.a. De miljømæssige faktorer er selvfølgelig ikke umiddelbart under landbrugerens kontrol, men de faktorer, som er, bør optimeres for at optage og udnytte især kvælstof (N) og fosfor (P) bedst muligt. Forbedring af jordbundsforhold er helt centralt i regenerativt landbrug, og behandles således allerede i flere andre afsnit af denne rapport. Valg af sorter med høj næringsstofudnyttelseeffektivitet (NUE) har teoretisk potentiale (Baligar et al., 2001), men reelt er NUE sjældent en direkte selektionsparameter i forædlingen (Andersen et al., 2014), men en indirekte selektionsparameter (Kindtler et al., 2024).

Der er øget fokus på betydningen af dybe rødders kvælstofoptagelse for recirkulering af nitrat, som ellers ville være tabt til vandmiljøet. Vintersæd og grøntsagsafgrøder med lang vækstsæson kan have betydelig rodvækst og kvælstofoptagelse i 1-2,5 meters dybde (Thorup-Kristensen, 2006; Thorup-Kristensen et al., 2009). Grøntsager og efterafgrøder fra korsblomstfamilien har særlig hurtig og dyb rodvækst og kan optage kvælstof fra dybe jordlag. Hvidkål bragte mere end 100 kg N/ha i recirkulation fra jordlag under 1 meters dybde (Thorup-Kristensen, 2006).

En række biostimulanter har i videnskabelige markforsøg vist positiv indflydelse på planters adgang til, samt optag og udnyttelse af, plantenæringsstoffer (Baltazar et al., 2021). Li et al. (2022) fandt i et meta-review af 180 studier, at biostimulanter i gennemsnit hævede udbyttet med 17,8%. Forfatterne bemærker en tendens til, at biostimulanter har den største effekt under suboptimale dyrkningsforhold, dvs. hvor planternes vækst begrænses af biotiske og/eller abiotiske stressfaktorer, dårlige jordbundsforhold o.l.

Kompost er en vigtig ressource for mange økologer og en central komponent i regenerativt landbrug, når der ikke er adgang til husdyrgødning. Komposteringsprocessen kan fungere som en effektiv metode til at sanere biomasse, der skal anvendes på økologiske marker. Genanvendelse af biomasseaffald gennem komposteringsprocessen vil i regenerativt landbrug hjælpe med udnyttelse og reduktion af restbiomasse, der kan sikre tilførsel af humificeret organisk materiale, mineraler og gavnlige mikroorganismer til jord og planter (De Corato, 2020; Sommer, 2001). Kompost kan også være en værdifuld kilde til næringsstoffer og en måde at recirkulere biomasse fra byområder til landbruget. Komposteringsprocessen kan være kilde til tab af klimagasser og ammoniak, men der udvikles i disse år nye systemer og metoder til optimering af processen (Eriksen et al., 2023).

Biogas er en form for vedvarende energi, der kan erstatte fossile brændsler som naturgas. Det produceres gennem afgangning af biomasse, såsom gylle og organisk affald, under iltfrie forhold. Produktion af biogas kan også udnytte blandt andet græs fibre, spildevand og vådt organisk affald fra industrien og husholdninger, hvilket samtidig bidrager til affaldshåndtering.

Kvantificering af klima- og miljøeffekterne ved biogasproduktion er afgørende for at kunne designe og målrette integreringen af regenerativt landbrug, der udnytter de klima- og miljømæssige fordele. DCA-rapporten "Bæredygtig biogas - klima- og miljøeffekter af biogasproduktion" (Olesen et al., 2020) indeholder en analyse af effekterne ved produktion af biogas baseret på husdyrgødning og andre relevante biomasser fra affaldshåndtering og landbrug. Der præsenteres en beskrivelse og kvantificering af alle væsentlige effekter, herunder energiproduktion, drivhusgasudledninger, kvælstofudvaskning, ammoniakfordampning, næringsstofudnyttelse og lugtgener fra udbringning.

Referencer

- Andersen, S. B., Thomsen, T. H., Jensen, C. S., Rasmussen, M., Gylling, M., Haastrup, M., ... & Sander, B. (2014). Bedre Afgrøder til Fremtidens Jordbrug. Fødevareministeriet.
- Askegaard, M. (2018). Restprodukter som fosforgødningskilder. I Rubæk, G. H., Askegaard, M., & Christensen, N. H. (2018). Gødningsværdi af forfor i restprodukter. DCA-rapport nr. 141.
- Baltazar, M., Correia, S., Guinan, K. J., Sujeeth, N., Bragança, R., & Gonçalves, B. (2021). Recent advances in the molecular effects of biostimulants in plants: An overview. *Biomolecules*, 11(8), 1096.
- Baligar, V. C., Fageria, N. K., & He, Z. L. (2001). Nutrient use efficiency in plants. *Communications in soil science and plant analysis*, 32(7-8), 921-950.
- De Corato, U. (2020). Agricultural waste recycling in horticultural intensive farming systems by on-farm composting and compost-based tea application improves soil quality and plant health: A review under the perspective of a circular economy. *Science of the Total Environment*, 738, 139840.
- Eriksen, J., Sørensen, P., Møller, H. B., Kristensen, H. L., Elsgaard, R., Hermansen, S., Laursen, C., Magid, J., Jensen L.S. & Jespersen, L. M. (2023). Næringsstofforsyning og-recirkulering i økologisk jordbrug-udviklingsmuligheder og barrierer for vækst. 112 sider. Vidensyntese fra ICROFS – Internationalt Center for Forskning i Økologisk Jordbrug og Fødevarer, Aarhus Universitet.
- Kindtler, N. L., Sheikh, S., Richardy, J., Krogh, E., Maccario, L., Vestergård, M., ... & Laursen, K. H. (2024). Fertilizer regime and cultivar affect barley growth and rhizobiome composition. *Applied Soil Ecology*, 198, 105384.
- Landbrug & Fødevarer (2019). Oversigt over Landsforsøgene 2019. https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/basic/7/1/7/pl_19_oversigt_over_landsforsog_2019.pdf
- Landbrug & Fødevarer (2020). Oversigt over Landsforsøgene 2020. https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/4/b/1/planter_landsforsogene_oversigt_over_landsforsogene_2020.pdf
- Landbrugsstyrelsen (2024). Vejledning om økologisk jordbrugsproduktion. 351p.
- Li, J., Van Gerrewey, T., & Geelen, D. (2022). A meta-analysis of biostimulant yield effectiveness in field trials. *Frontiers in Plant Science*, 13, 836702.
- Olesen, J. E., Møller, H. B., Petersen, S. O., Sørensen, P., Nyord, T., & Sommer, S. G. (2020). Bæredygtig biogas: klima og miljøeffekter af biogasproduktion. DCA-Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.
- Sommer, S. G. (2001). Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter. *European Journal of Agronomy*, 14(2), 123-133.
- Thorup-Kristensen (2006) Effect of deep and shallow root systems on the dynamics of soil inorganic N during 3-year crop rotations. *Plant and Soil* 288: 233-248. Thorup-Kristensen, K., Cortasa, M. S. & Loges, R. (2009) Winter wheat roots grow twice as deep as spring wheat roots, is this important for N uptake and N leaching losses? *Plant and Soil*

5 Estimat for udbredelsen af regenerative praksistiltag i dansk økologisk landbrug

Forfatter: Jon Aagaard Enni (ICOEL)

Datagrundlaget for udbredelsen af konkrete praksistiltag i økologisk planteproduktion er ekstremt begrænset. Det er derfor næsten umuligt at afgøre, i hvor høj grad tiltagene, som er knyttet til de regenerative principper, allerede anvendes i økologisk landbrug. Derfor må enhver vurdering af udbredelsen nødvendigvis i vid udstrækning baseres på skøn. Skønsmæssig estimering kompliceres yderligere af den meget høje andel af hobbybrug af det samlede antal økologiske bedrifter i Danmark. Ifølge Statistik over økologiske jordbrugsbedrifter 2023 (LBST, 2024) rådede knap 80% af de økologiske bedrifter over mindre end 100 ha pr. bedrift, svarende til knap 25% af det samlede økologiske produktionsareal. Hobby- og deltidslandbrugere dyrker typisk færre afgrødetyper end professionelle på fuld tid, i hvert fald når deres ejendomme har en vis størrelse, og ikke blot er en stor, økologicerteret køkkenhave. Hertil kommer, at produktionsøkonomien naturligt nok ikke fylder lige så meget for hobbyister som for professionelle. Disse forhold betyder, at statistikkerne for økologisk produktion (f.eks. LBST, 2023) ikke er retvisende for almen praksis blandt det egentlige, økologiske produktionslandbrug.

5.1 Princip 1: Minimal forstyrrelse af jorden

Reduceret jordbearbejdning i dansk økologi er teoretisk og anekdotisk velbeskrevet, men den konkrete udbredelse i praksis kendes ikke. Det virker dog som en rimelig antagelse, at det altovervejende flertal af økologiske planteavlere anvender pløjning til nedmuldning af plantemateriale, ukrudtsbekæmpelse, jordløsning og/eller såbedstilberedning.

Kontrolleret trafik og lignende tiltag til forebyggelse af skadelig jordpakning har været et rådgivningsmæssigt fokuspunkt i årevis, men i praksis må denne form for tiltag ofte vige for logistiske hensyn, såsom fulde gylletanke efter vinteren og højt arbejdsstryk omkring forårssåning og i høstsæsonen. Dermed vægtes de direkte fordele ved store maskiner, som giver øget kapacitet ved samme antal arbejdstimer normalt over de langsigtede ulemper ved skadelig jordpakning.

På denne baggrund er det ICOEL's vurdering, at potentialet for indførelse af reduceret jordbearbejdning (herunder reduceret frekvens af dyb jordbearbejdning) og forebyggelse af skadelig jordpakning er stort i dansk økologi.

5.2 Princip 2: Levende plantedække året rundt

Målsætningen om levende plantedække året rundt begrænses i dansk økologi af afgrødevalg, ukrudtsstrategi og jordens type og beskaffenhed (herunder indhold af organisk stof).

Afgrødevalgets bidrag til princippetets formål kan lidt forenklet fremstilles således: Flerårige afgrøder > toårige afgrøder > enårige afgrøder. Distinkte toårige afgrøder er temmelig sjældne i Danmark, idet kategorien primært omfatter græs-, kløver- grøntsags- og urtefrø. Enårige afgrøders bidrag til principets formål kan forhøjes - som behandlet i afsnit 4.2 - ved udlæg af fodergræs eller efterafgrøder, undersøet i hovedafgrøden, idet man derved sparer en pløjning efter høst, forud for etablering af den efterfølgende afgrøde.

Ifølge Statistik over økologiske jordbrugsbedrifter 2023 (LBST, 2024), anvendes 47% af det økologiske areal til dyrkning af "Foder af græs, kløver og lucerne". Da græs, kløvergræs og lucerne generelt anlægges med henblik på afgræsning eller slættagning i to eller flere år, kan dette tal tjene som vejledning til udbredelsen af princippet om Levende plantedække året rundt. Til sammenligning dyrkes kun 20,3% af Danmarks samlede produktionsareal med disse afgrøder. Afgrødekategorien "foder af helsæd og grønkorn" optager 6,7% af det økologiske areal. Helsæd og grønkorn høstes normalt af dæksæd for udlæg, og denne kategori bør dermed også lægges til arealet, som bidrager til levende plantedække. Desuden estimeres det, som nævnt i afsnit 4.2, at der dyrkes efterafgrøder på ca. 25% af det samlede økologiske areal, hvilket også bidrager til levende plantedække. Potentialet for at øge andelen af det økologiske areal med levende planter året rundt via afgrødevalg er dermed begrænset til arealet med korn, oliefrø og bælgfrø til modenhed, hvoraf en ukendt del allerede benyttes som dæksæd for udlæg. Der er potentiale for mere samdyrkning af hovedafgrøder, men dette potentiale er ikke undersøgt nærmere.

Ukrudtsstrategi har indflydelse på dette princip ved, at kraftig opformering af problemukrudt i et sædskifte kan medføre behov for længere perioder med gentagen jordbearbejdning, f.eks. i form af kort sommerbrak. Derfor er det afgørende for opfyldelsen af princippetets målsætning, at ukrudtsbekæmpelse udføres effektivt, rettidigt og med tanke på de enkelte ukrudtsarters livscyklus og potentiale for at skabe problemer. Sådanne anbefalinger er i forvejen en integreret del af både økologisk og konventionel planteavlserådgivning. I det ideelle, økologiske sædskifte opstår behovet for sortbrak ikke.

Jorder med højt lerindhold og lavt indhold af organisk stof kan gøre det svært at undvære vinterpløjning for såvel konventionelle som økologiske jordbrugere. Det skyldes, at lerjorden, når den bearbejdes, former store hårde knolde, som kan være meget svære at neddele med mekanisk jordbearbejdning, hvorimod frost ofte evner at sprænge disse knolde - til landmandens fordel. Vinterpløjning foretages normalt, når jorden er delvist frossen, for at undgå unødige trykskader. Ulempen ved vinterpløjning er selvfølgelig, at jorden ligger sort indtil jorden kan sås til igen, hvilket f.eks. kan øge risikoen for erosion ved afstrømning. Denne risiko vurderes dog at være moderat, og den aftager, jo senere på vinteren, behandlingen udføres. Til gengæld vurderer ICOEL, at det er problematisk, hvis økologiske landmænd på lerjord benytter vinterpløjning i det sene efterår/den tidlige vinter, for derefter at harve gentagne gange

vinteren over. Denne praksis var standard før i tiden, men i dag er den klare anbefaling, at ukrudtet forebygges og bekæmpes med veldokumenterede IPM-tiltag (sædskifte, efterafgrøder, rækkedyrkning med radrensning, slætgræsmarker etc.), og i tilfælde af, at rodukrudtstrykket bliver for højt til at kunne kontrolleres med sådanne tiltag, vurderes en kort sommerbrak at være mere effektiv og samlet set mere skånsom for dyrkningsjorden end gentagne harvninger om vinteren.

Samlet set er det ICOEL's vurdering, at potentialet for at opnå *levende plantedække året rundt* på en større del af det økologiske areal er begrænset, og at det største potentiale findes i udbredelsen af *best practice-ukrudsstrategier*.

5.3 Princip 3: Maksimal artsdiversitet

Efterafgrøder

Efterafgrøder dyrkes, som nævnt i afsnit 3.2, på ca. 25% af det økologiske areal, og er ca. ligeligt fordelt mellem pligtige og frivillige efterafgrøder.

Ifølge ICOEL's spørgeskemaundersøgelse fra 2022, som også nævnes i afsnit 3.2, er der stor plads til diversificering i både de pligtige og de frivillige efterafgrøder, som dyrkes af økologiske landmænd (Hermansen, 2022). Undersøgelsen, som blev besvaret af 37% af Danmarks økologiske planteavlskon-sulenter, viser at mere end 55% af de økologiske landmænds pligtige efterafgrøder består af en enkelt planteart (Ibid.). Kun ca. 5% af de pligtige efterafgrøder på økologiske arealer indeholder 4 eller flere arter og ca. 10% indeholder 3 arter. Anderledes forholder det sig med de frivillige efterafgrøder, hvor ca. 22% indeholder 4 eller flere arter, og knap 20% indeholder 3 arter, men det efterlader stadig ca. 60% af de frivillige, økologiske efterafgrøder bestående af kun 1-2 plantearter. Undersøgelsen viser også, at konsulenternes foretrukne frivillige efterafgrøder stort set alle sammen indeholder 3 eller flere arter. Dermed ses en vis uoverensstemmelse mellem rådgivernes anbefalinger og landbrugernes valg i praksis, og det er ICOEL's vurdering, at mange økologiske landmænd kan få mere ud af deres efterafgrøder gennem optimering af artsvalg og -sammensætning.

Græsmarksblandinger

I forbindelse med udarbejdelsen af denne rapport, har ICOEL foretaget en rundspørge blandt aktører på det danske marked for økologiske græsmarksblandinger, for at afklare hvor mange plantearter, de mest populære blandinger indeholder. Rundspørgen tegner et ret entydigt billede af, at de mest solgte blandinger er blandinger til kombineret slæt og afgræsning, bestående af 2 arter, Rajgræs og Hvidkløver, og en blanding med slæt som primært formål, indeholdende de samme to arter tilføjet Rødkløver. Der findes også blandinger til afgræsning, som indeholder flere arter af græs og urter, og det forlyder, at efterspørgslen efter dem er stigende.

På baggrund af disse oplysninger vurderes det, at der er et betydeligt potentiale for artsdiversificering af økologiske frøblandinger.

5.4 Princip 4: Integration af husdyr og planteavl

Holistisk afgræsning (og tilsvarende græsningsteknikker) praktiseres ifølge ICOEL's ekspert på området, Iben Alber Christiansen, sandsynligvis af højst 50 kvægbrug i Danmark, inklusiv meget små produktioner, og størstedelen skønnes at være kødkvægproduktioner. Foreningen HoPLA har 40 medlemmer. Antallet af økologiske kvægbrug med mindst 40 malkekøer var i 2022 376, og antallet af bedrifter med "Produktion af kødkvæg, får, geder og hjorte" med mindst 30 stk. kødkvæg eller mindst 40 stk. moderdyr (af de øvrige arter) var 214 (LBST, 2023). Hertil kommer, at der i 2022 var registreret 310 bedrifter med "Mindre husdyrproduktion", dvs. antal af dyr under de nævnte grænser.

Dermed er det forholdsvis sikkert at sige, at holistisk afgræsning og lignende afgræsningsstrategier anvendes på en forsvindende lille del af den samlede, økologiske kvægproduktion i Danmark.

Næsten alle slagtesvin i Danmark fedes op på stald. Der er ganske få undtagelser fra dette forhold, og de fleste økologiske bedrifter, som har deres grise på friland under opfødning, tilhører kategorien hobby/deltid. ICOEL's eksperter i økologisk svineproduktion, Heidi Mai-Lis Andersen og Sarah-Lina Aagaard Schild, estimerer, at ca. 5-10% af de økologiske slagtesvin i Danmark lever hele deres liv udenørs. Svineproduktion optog i 2022 blot 2,5% af det samlede økologiske produktionsareal.

For fjerkræ er billedet stort set det samme. Der findes enkelte eksempler på småskalabedrifter, som har deres slagtekyllinger og/eller æglæggere i mobile hønsehuse, som flyttes hyppigt på græs- og efterafgrødearealer, men de tilhører en forsvindende lille minoritet. Den samlede økologiske fjerkræproduktion optog i 2022 1,8% af det samlede, økologiske produktionsareal.

5.5 Princip 5: Recirkulering af ressourcer

Af Vejledning om økologisk jordbrugsproduktion (Landbrugsstyrelsen, 2024) fremgår det, at:

" Du skal bevare og forøge jordens frugtbarhed og biologiske aktivitet, ved at:

- *Dyrke bælgplanter og andre planter til grøngødning*
- *Sørge for et hensigtsmæssigt flerårigt sædskifte*
- *Tilføre husdyrgødning fra økologisk husdyrproduktion, helst komposteret*
- *Tilføre andet organisk materiale fra økologisk produktion, helst komposteret"*

Konventionel gylle

Brugen af konventionel husdyrgødning omtales i samme vejledning som "tilladt undtagelsesvist", og den overordnede målsætning i økologien har da også i mange år været helt at udfase brugen af konventionel husdyrgødning - hvilket vurderes at være i tråd med de fleste regenerative certificeringsordninger.

Som nævnt i afsnit 3.1.2 estimeres det, at økologiske landbrugere i 2017 nettoimporterede ca. 26 kg N/ha i form af konventionel husdyrgødning (DCA-Rapport 176). Af samme opgørelse fremgår det, at

gennemsnittet for tildelt N på økologiske marker var 95 kg N/ha, hvoraf 92 kg N/ha var husdyrgødning, og den konventionelle husdyrgødning udgjorde således godt 28% af den samlede, tildelte kvælstofgødning eller godt 27% af den tildelte husdyrgødning på de økologiske arealer. Reglerne for brug af ubehandlet konventionel husdyrgødning er siden blevet skærpet, så økologer nu højst må udbringe 43 kg udnyttet N/ha, hvor det tidligere var tilladt at udbringe 65 kg udnyttet N/ha (Landbrugsstyrelsen, 2024). Reglerne tillader dog, at økologer bruger op til 65 kg udnyttet N/ha i digestat fra biogasproduktion (også kaldet biogasgylle). Det vides ikke med sikkerhed hvilken indflydelse, de ændrede regler har haft på økologernes forbrug af ubehandlet husdyrgødning, men forskellen mellem den gamle og den nye grænse på 22 kg udnyttet N må formodes at sænke nettoimporten, selvom en del af kvælstoffet i biogasdigestat fortsat kommer fra konventionel gylle.

Kompost

Det vides ikke, hvor meget kompost der anvendes i dansk økologi, men anvendelsen begrænses af, at den tilladte mængde beregnes på baggrund af fosforloftet på 30 kg P/ha. Fordi have- og parkkompost har en ringe 1. års gødningsvirkning, og den udbragte mængde kompost direkte begrænser mængden af anden tilladt gødning via fosforloftet, vurderes det, at anvendelsen af have- og parkkompost som gødning i økologisk planteavl er stærkt begrænset.

5.6 Referencer

Hermansen, Sven (2022) Spørgeundersøgelse - Økologer har efterafgrøder i hver fjerde mark. Innovationscenter for Økologisk Landbrug.

Landbrugsstyrelsen (2024). Vejledning om økologisk jordbrugsproduktion, 2024. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Landbrugsstyrelsen. 352 p.

LBST, (2024). Statistik over økologiske jordbrugsbedrifter 2023. Landbrugsstyrelsen. 60p.

6 Effekter på klima, miljø og biodiversitet

Forfattere: Johannes Ravn Jørgensen og Claus Rasmussen (AU-AGRO)

Regenerativt landbrug kan tage forskellige former, og der findes ikke en global konsensus om principperne bag denne dyrkningsform. Derfor skal de publicerede videnskabelige artikler om effekterne vurderes i sammenhæng med typen af regenerativt landbrug, der er undersøgt. Vores vurdering er her formuleret ud fra alle de fem bærende principper i denne danske vidensyntese om regenerativt landbrug, mens der i litteraturen kan optræde enkelte af disse eller helt andre elementer under studier af regenerativt landbrug. Da udrulningsgraden af de fem bærende principper ikke altid er defineret på forhånd i den danske vidensyntese, herunder for eksempel maksimering af artsdiversitet, er nogle af effektvurderingerne givet med stor usikkerhed. Sammenligningerne tager primært udgangspunkt i tilsvarende dyrkningsformer under konventionelt landbrug. Herunder forventede effekter ud fra hver af de overordnede principper. Der findes på nuværende tidspunkt ikke fyldestgørende dokumentation om alle effekterne af regenerativt landbrug, derfor er nogle af vurderingerne afstemt og suppleret med de relevante elementer fra den danske vidensyntese om Conservation Agriculture (Munkholm et al., 2020).

Specielt i forhold til biodiversitet er det i denne dyrknings- og landbrugssammenhæng primært funktionel biodiversitet, herunder relevante organismegrupper der spiller en rolle for økosystemtjenester og for offentligheden, der er belyst. Mere indirekte effekter, for eksempel på agerhøns og andre vertebrater, er ikke medtaget, da de vil afhænge af grundlæggende elementer som føde, redested og artsfæller, der igen afhænger af antallet af invertebrater, samt passende levesteder. Meget væsentligt vurderes det, at den største samlede effekt ved regenerativt landbrug på biodiversiteten er tiltag udover de fem bærende principper enkeltvis, herunder et overordnet biodiversitetsdesign med plads til samdyrkning, rotation og større afgrødediversitet, skovlandbrug, insekthejn (eller gærde), habitatrestaurering, samt selvfølgelig reduceret brug af kemisk bekæmpelse, som det også er tilfældet i økologisk jordbrug (Giller et al., 2021; Levin, 2022).

6.1 Princip 1: Minimal forstyrrelse af jorden

Forfattere: Lars Munkholm og Claus Rasmussen (AU-AGRO)

Effekter på Klima

Dyrkningselementerne for regenerativt landbrug set i forhold til klima er meget sammenfaldende med CA (Conservation Tillage, efterafgrøder, efterladelse af planterester, alsidige sædskifter), men suppleret med specifik fokus på roddebid, mykorrhizasvampe, kompost og kompleksitet i dyrkningssystemet (Roddale Institute 2014). Klimaeffekterne af minimal forstyrrelse af jorden ved jordbearbejdning (no-tillage eller reduceret jordbearbejdning) er beskrevet i Videnssynthesen om Conservation Agriculture (Munkholm et al., 2020). Heraf fremgår, at CA i konventionelt jordbrug alt andet lige øger kulstoflagringen i marken som følge af efterafgrøder og efterladelse af planterester, mens den direkte effekt af minimal jordbearbejdning på jordens kulstofindhold vurderedes at være begrænset. Minimal jordbearbejdning medfører generelt set en omfordeling af kulstoffet i jordprofilen sammenlignet med pløjning - mere i overfladelaget (0-10 cm) og mindre i ca. 10-30 cm. Der vil dog være en sikker klimaeffekt ved mindsket brændstofforbrug på op til 0,1 t CO₂ ækv/ha/år (Munkholm et al., 2020). Der findes en del internationale studier med reduceret jordbearbejdning i økologisk jordbrug, men meget få med no-tillage (Cooper et al. 2016). Det skyldes udfordringer med ukrudt, som beskrevet ovenfor. Et problem, som også er erfaret under danske forhold (Schjønning et al., 2002) og i forbindelse med CarbonFarm og CarbonFarmII projekterne (2017-2024). Det er derfor ikke muligt at vurdere effekten af no-tillage på kulstoflagring og øvrige klimaeffekter under økologiske dyrkningsbetingelser. En nyere undersøgelse fra europæiske markforsøg med reduceret jordbearbejdning i økologisk jordbrug viser dog resultater i overensstemmelse med resultaterne fra konventionelle forsøg - dvs. øget kulstofindhold i overfladelaget (0-10/15 cm) og mindre i 10/15-50 cm laget (Krauss et al., 2022).

Effekten af minimal forstyrrelse af jorden (no-tillage eller reduceret jordbearbejdning) på lattergas (N₂O) og metan er meget begrænset belyst indenfor økologisk dyrkning. Krauss et al. (2017) fandt ingen sikker effekt af jordbearbejdning i et langvarigt økologisk markforsøg i Schweiz over to dyrkningssæsoner.

Minimal forstyrrelse af jorden som følge af begrænset kørselsbetinget jordpakning forventes at mindske tabet af lattergas (N₂O) (Pulido-Moncada et al., 2022). Det gælder også i økologisk jordbrug.

Effekter på Miljø

Der er meget få studier af miljøeffekten af minimal jordbearbejdning i økologisk jordbrug, men det forventes, at resultaterne peger i samme retning som resultaterne fra konventionelt jordbrug, som beskrevet i videnssynthesen om Conservation Agriculture (Munkholm et al., 2020). I videnssynthesen om Conservation Agriculture konkluderes, at der er fundet modstridende effekter af minimal jordbearbejdning på nitratudvaskningen (Munkholm et al., 2020). Ved konventionel produktion er fundet, at en dyrkningspraksis, som optimerer kvælstofoptagelsen i både afgrøder og efterafgrøder, er vigtig for at reducere

risikoen for nitratudvaskning (Hansen et al. 2010). Dette forventes ligeledes at være gældende for økologisk produktion, hvor eventuel dårlig etablering og vækst af afgrøder kan øge risikoen for udvaskning.

I videnssynthesen om Conservation Agriculture konkluderes desuden en stærkt mindsket risiko for partikelbåret tab af fosfor ved vind- eller vanderosion ved minimal jordbearbejdning, mens tabet af opløst fosfor til dræne i nogle tilfælde er højere for minimal jordbearbejdning sammenlignet med pløjet jord.

Effekter på Biodiversitet

Undersøgelser af invertebrater i forbindelse med reduceret jordbearbejdning viser enten ikke tydelige forskelle eller mindre forskelle. Giller et al. (2021) angiver ingen effekt på biodiversiteten. Umiddelbart kan reduceret jordbearbejdning sikre, at insekter der har reder, eller overvintrer, i jorden ikke forstyrres. Derudover angives det, at springhaler, rovbiller, løbebiller og edderkopper – invertebrater der færdes på jorden - fandtes i højere tætheder i upløjede marker (Axelsen & Ravnskov, 2020). Holland and Reynolds (2003) fandt færre biller og edderkopper, hvis jorden havde været pløjet, men også at de undersøgte invertebrater blev aktive tidligere på året, hvis jorden blev forstyrret ved pløjning. Rowen et al. (2020) fandt ingen forskel i antallet af insekter, men observerede at nytteinsekter som prædatorer havde en højere diversitet ved reduceret jordbehandling.

Regnorme trives langt bedre med mindre forstyrrelse. Meta-analyser peger på både en mere end fordobling af antallet af regnorme, men også en tilsvarende stigning i mængden af biomasse i jorden som følge af ingen pløjning (Briones og Schmidt, 2017). Den største effekt ses dog først efter 10 år eller mere. Andre jordlevende organismer, makro- og mikroorganismer, der er ansvarlige for det biologiske kredsløb af næringsstoffer, vil også trives bedre med reduceret jordbearbejdning (Giller et al., 2021).

Referencer

- Avelsen, J.A & Ravnskov, S. (2020). Biodiversitetseffekter af dyrkningsformerne under CA, p. 97-118. In Munkholm, L. J., Hansen, E. M., Melander, B., Kudsk, P., Jørgensen, L. N., Heckrath, G. J., Ravnskov, S. og Axelsen, J. (2020) Vidensyntese om Conservation Agriculture. Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. 134 s. - DCA rapport nr. 177
- Briones, M.J.I. og Schmidt, O. (2017) Conventional Tillage Decreases the Abundance and Biomass of Earthworms and Alters Their Community Structure in a Global Meta-Analysis. *Global Change Biology*, 23, 4396-4419.
- Cooper, J., Baranski, M., Stewart, G., Nobel-de Lange, M., Bàrberi, P., Fließbach, A., ... & Mäder, P. (2016). Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: a meta-analysis. *Agronomy for sustainable development*, 36, 1-20.
- Giller, K. E., Hijbeek, R., Andersson, J. A., & Sumberg, J. (2021). Regenerative agriculture: an agronomic perspective. *Outlook on agriculture*, 50(1), 13-25.
- Krauss, M., Ruser, R., Müller, T., Hansen, S., Mäder, P., Gattinger, A., 2017. Impact of reduced tillage on greenhouse gas emissions and soil carbon stocks in an organic grass-clover ley - winter wheat cropping sequence. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 239, 324-333.
- Krauss, M., Wiesmeier, M., Don, A., Cuperus, F., Gattinger, A., Gruber, S., Haagsma, W.K., Peigné, J., Palazzoli, M.C., Schulz, F., van der Heijden, M.G.A., Vincent-Caboud, L., Wittwer, R.A., Zikeli, S., Steffens, M., 2022. Reduced tillage in organic farming affects soil organic carbon stocks in temperate Europe. *Soil and Tillage Research* 216, 105262.
- Levin, B. (2022). Regenerative Agriculture as Biodiversity Islands. In: Montagnini, F. (eds) *Biodiversity Islands: Strategies for Conservation in Human-Dominated Environments*. Topics in Biodiversity and Conservation, vol 20. Springer, Cham.
- Hansen, E.M., Munkholm, L.J., Melander, B., Olesen, J.E., 2010. Can non-inversion tillage and straw retention reduce N leaching in cereal-based crop rotations? *Soil & Tillage Research* 109, 1-8.
- Holland, J.M., Reynolds, C.R. (2003). The impact of soil cultivation on arthropod (Coleoptera and Araneae) emergence on arable land. *Pedobiologia* 47, 181-191
- Merfield CN (2019) An analysis and overview of regenerative agriculture. Report number 2-2019. Lincoln, NZ: The BHU Future Farming Centre.
- Munkholm, L. J., Hansen, E. M., Melander, B., Kudsk, P., Jørgensen, L. N., Heckrath, G. J., Ravnskov, S. og Axelsen, J. (2020) Vidensyntese om Conservation Agriculture. Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. 134 s. - DCA rapport nr. 177 <https://dcapub.au.dk/djfpdf/DCArapport177.pdf>
- Pulido-Moncada, M., Petersen, S.O., Munkholm, L.J., 2022. Soil compaction raises nitrous oxide emissions in managed agroecosystems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 42, 38.
- Rowen, E.K.; Regan, K.H.; Barbercheck, M.E.; Tooker, J.F. Is tillage beneficial or detrimental for insect and slug management? A meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2020, 294, 106849.
- Schjønning, P., Rasmussen, K.J., Munkholm, L.J., Nielsen, P.S., 2002. Jordbearbejdning i økologisk jordbrug - pløjedybde og ikke-vendende jordløsning. Danish Institute of Agricultural Sciences.

6.2 Princip 2: plantedække året rundt

Forfattere: Lars Munkholm (AU-AGRO), Hanne Lakkenborg Kristensen (AU-FOOD) og Claus Rasmussen (AU-AGRO)

Ved plantedække året rundt vil overjorden være beskyttet mod vejrekstremer, og deraf følgende erosion (herunder bortførelse af organisk stof).

Princippet om levende plantedække året rundt indebærer i græsningssystemer at overgræsning skal undgås, så der forbliver tilstrækkelige planter til at muliggøre genvækst (Teague & Kreuter, 2020). Målet er at reducere udsving i jordtemperatur og jordfugtighed for at gavne de mikrobielle organismer i jorden. Tilførslen af planterester til jorden øges også, hvilket potentielt kan opbygge jordens kulstofindhold, selvom beviserne for dette ofte er kontekstafhængige og omstridte.

For at sikre levende plantedække året rundt kan hovedafgrøder undersås eller samdyrkes med en efterafgrøde, såsom kløver eller andre bælgplanter, der fikserer kvælstof, og andre ikke-kvælstoffikserende arter, der også sikrer, at jorden forbliver dækket efter høst. Dækafgrøder kan forbedre den mikrobielle mængde i jorden, hvilket hjælper med at forbedre frugtbarheden, næringsindholdet og det organiske indhold i jorden med 15-41% (Kim et al., 2020).

Effekter på Klima

Som beskrevet i Vidensyntese for Conservation Agriculture har alsidige sædskifter med efterafgrøder en positiv klimaeffekt i forhold til kulstoflagring og mindsket tab af lattergas (N_2O) som følge af mindsket udvaskning af kvælstof. Derimod vil den øgede mængde planterester øge risikoen for tab af lattergas (N_2O) (Munkholm et al., 2020) - særligt i forbindelse med omsætning af planteresterne. Levende planter året rundt, der er i stand til at optage det mineraliserede kvælstof fra planteresterne vil dog – alt andet lige – mindske risikoen for dette tab (Baral et al., 2019).

Landbrugere har adskillige muligheder for at bevare planterester og jorrdække. For det første kan afgrøderester beholdes på jordoverfladen i stedet for at blive fjernet som halm eller indarbejdet ved pløjning. For det andet kan overvintrende efter- eller dækafgrøder sås mellem høsten af en hovedafgrøde om efteråret og såningen af den næste om foråret. Alternativt kan hovedafgrøder undersås eller samdyrkes med en efterafgrøde. I det mindste på kort sigt øger disse muligheder tilførslen af kulstof til jorden (Jordon et al., 2022).

Effekter på Miljø

Levende planter året rundt, særligt med planter der er effektive til at optage kvælstof om efteråret og vinteren, er et effektivt virkemiddel til at mindske udvaskningen af kvælstof og tabet af fosfor ved vind og vanderosion (Munkholm et al., 2020), samt nitratudvaskning. Kvælstoffikserende arter er ofte mindre effektive til at reducere indholdet af mineralsk kvælstof i jorden og dermed risikoen for udvaskning (f.eks. Thorup-Kristensen 2006; Askegaard & Eriksen, 2008), og de vil i nogle tilfælde miste en betydelig

del af bladmassen i løbet af vinteren (Thorup-Kristensen, 2006; Askegaard & Eriksen, 2007). Selv vinterfaste arter kan tabe en del kvælstof gennem vinteren. Thorup-Kristensen (2006) fandt således, at to vinterfaste bælgplanter (vintervikke og blodkløver) mistede ca. halvdelen af deres kvælstofindhold i overjordisk biomasse, selvom de stadig var i live. Disse ulemper kan reduceres ved dyrkning af kvælstoffikserende arter i blanding med vinterfaste ikke-kvælstofbindende arter. Det har dog vist sig vanskeligt på forhånd at bestemme blandingsforholdet mellem kvælstoffikserende arter og ikke-kvælstoffikserende på en given mark. Det skyldes, at den udsåede blanding kan "afblende" til næsten renbestand af en af parterne, f.eks. den kvælstoffikserende art (Vogeler et al., 2019). Dyrkning af veletablerede kvælstoffikserende arter kan øge inputtet af kvælstof betydeligt (f.eks. Askegaard & Eriksen, 2007; Vogeler et al., 2019), hvilket kan betyde øget risiko for udvaskning, hvis jorden ikke til stadighed har et effektivt plantedække til at optage kvælstof. Samdyrkede, ikke vinterfaste og overvintrende efterafgrøder kan være effektive til at reducere nitratudvaskning i grøntsagsdyrkning, når artsvalg og timing af etablering optimeres i forhold til sædskifte, jordtype mm. (Tei et al., 2020).

Effekter på Biodiversitet

Levende plantedække året rundt vil hovedsageligt vise direkte effekt på de organismer, der kan benytte dækket til skjul. Det er dog få invertebrater, der er aktive i den kolde periode og derfor vil kunne finde føde fra blomster mv. Crotty og Stoate (2019) fandt kun en positiv effekt med dækafgrøder hos de regnorme, der bor i overfladen, men ikke hos andre organismer. De fandt også, at et levende plantedække reducerede ukrudt i marken. Det vil give et reduceret behov for kontrol, men vil også fjerne en føderessource for invertebrater. I plantagesystemer, hvor plantedækket kan være af mere permanent karakter, også om sommeren, er det forbundet med øget antal nytteinsekter og bedre kontrol af skadedyr (Altieri et al., 2012; Judt et al., 2023). Mikroberne i jorden påvirkes positivt af et plantedække, både i diversitet, antal og aktivitet (Kim et al., 2020). Giller et al. (2021) angiver plantedække som et begrænset bidrag til biodiversiteten. Oftest er studier af levende plantedække kombineret med reduceret jordbearbejdning, hvilket kan gøre det vanskeligt at separere effekterne. Et permanent levende plantedække vil bidrage positivt til regnorme, bestøvere og snyltehvepse.

Referencer

- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2012). Agroecology scaling up for food sovereignty and resiliency. *Sustainable agriculture reviews: Volume 11*, 1-29.
- Askegaard, M., Eriksen, J., 2007, Growth of legume and nonlegume catch crops and residual-N effects in spring barley on coarse sand. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 170, 773–780.
- Askegaard, M., Eriksen, J., 2008. Residual effect and leaching of N and K in cropping systems with clover and ryegrass catch crops on a coarse sand. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 123, 99–108.
- Baral, K. R., Lærke, P. E., & Petersen, S. O. (2019). Nitrous oxide emissions from cropping systems producing biomass for future bio-refineries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 283, 106576.
- Crotty, F. V., & Stoate, C. (2019). The legacy of cover crops on the soil habitat and ecosystem services in a heavy clay, minimum tillage rotation. *Food and Energy Security*, 8(3), e00169.
- Giller, K. E., Hijbeek, R., Andersson, J. A., & Sumberg, J. (2021). Regenerative agriculture: an agronomic perspective. *Outlook on agriculture*, 50(1), 13-25.
- Judt, C., Korányi, D., Zaller, J. G., & Batáry, P. (2023). Floral resources and ground covers promote natural enemies but not pest insects in apple orchards: A global meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 166139.
- Jordon, M. W., Willis, K. J., Bürkner, P. C., Haddaway, N. R., Smith, P., & Petrokofsky, G. (2022). Temperate Regenerative Agriculture practices increase soil carbon but not crop yield—a meta-analysis. *Environmental Research Letters*, 17(9), 093001.
- Kim, N., Zabaloy, M. C., Guan, K., & Villamil, M. B. (2020). Do cover crops benefit soil microbiome? A meta-analysis of current research. *Soil Biology and Biochemistry*, 142, 107701.
- Tei, F., De Neve, S., de Haan, J., Kristensen, H.L. (2020) Nitrogen management of vegetable crops. *Agricultural Water Management* 240 1 October 2020, 106316
- Thorup-Kristensen, 2006. Root growth and nitrogen uptake of carrot, early cabbage, onion and lettuce following a range of green manures. *Soil Use and Management*, 22, 29–38.
- Vogeler, I., Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Østergaard, H.S., 2019. Legumes in catch crop mixtures: Effects on nitrogen retention and availability, and leaching losses. *Journal of Environmental Management* 239, 324-332.

6.3 Princip 3: Maksimal artsdiversitet

Forfattere: Claus Rasmussen og Johannes Ravn Jørgensen (AU-AGRO)

Formålet med maksimal artsdiversitet i regenerativt landbrug er at styrke økosystemernes funktioner og modstandsdygtighed. Ved at fremme en bred vifte af planter og mikroorganismer kan man forbedre jordens sundhed, optimere næringsstofcyklning, reducere skadedyrs- og sygdomsrisikoer og øge systemets evne til at modstå ekstreme vejrforhold. Dette bidrager til en mere bæredygtig og klimarobust landbrugspraksis, der understøtter langvarig produktivitet og miljøbeskyttelse.

Effekter på Klima

I en LCA-analyse af danske korndyrkningssystemer fandt Kløverpris et al. (2016), at når vinterhvede samdyrkes med olieræddike, øges kulstoflagringen i jorden (SOC), men samtidig øges udledningen af lattergas (N₂O). Dette skyldes, at mere biomasse tilføres jorden, og fordi der sker en øget tilbageholdelse af kvælstof i jord/plantesystemet. Tilsvarende effekter kan forventes for andre samdyrkningssystemer med kornafgrøder.

Dækafgrøder (cover crops), der også øger artdiversiteten, kan øge mængden af organisk kulstof (SOC) i jorden ved at tilføre mere organisk materiale, tiltrække gavnlige jordmikroorganismer og forbedre jordens struktur. Forskellige typer dækafgrøder påvirker dannelsen og stabiliseringen af SOC forskelligt afhængigt af deres C/N forhold. Dækafgrøder som græs og raps kan øge lagringen af komplekse plantekomponenter, mens bælgeplanter fremmer ophobningen af mikrobiologisk afledt kulstof (Zhang et al., 2022). Når disse afgrøder dyrkes sammen i en blanding, kan de balancere de forskellige virkninger og dermed øge både den kortsigtede og langsigtede lagring af kulstof i jorden, hvilket bidrager til klimaforbedringer. Opbygning af den mikrobielle biomasse har en vigtig betydning for langvarig kulstofindlejring i jorden. Bl.a. de svampederiverede, såkaldte glomalinrelaterede jordproteiner (GRSP), fremhæves ofte for deres medvirken til øget dannelse og stabilitet af jordaggregater, som beskytter indeholdt kulstof mod yderligere nedbrydning (Gao et al., 2019).

Effekter på Miljø

Dyrkning af blandinger af forskellige arter eller sorter er ofte mere produktiv end rene bestande (Be-doussac et al., 2015; Brooker et al., 2015; Kristofferen, et al., 2020). Dette skyldes højere næringseffektivitet og øget biologisk kontrol af sygdomme og skadedyr, hvilket bidrager til mere bæredygtige landbrugssystemer (Boudreau, 2013; Li et al., 2014). F.eks. har artsrige græsmarker en større modstandsdygtighed og genopretningsevne over for tørkestress sammenlignet med mindre varierede græsarealer (Tilman og Downing, 1994).

Nyere forskning har fokuseret på de mekanismer, der kan forklare det øgede udbytte og effektivitet i dyrkningssystemer med blandinger af arter (Stomph et al., 2020). En af årsagerne til, at artsblandinger har større udbytte, kan tilskrives måden, hvorpå planter af forskellige arter konkurrerer om ressourcer.

Når konkurrencen mellem arter mindskes på grund af rumlig eller tidsmæssig komplementaritet i resourceoptagelsen, bliver blandingeres ydeevne og effektivitet forbedret (Yu et al., 2015; Li et al., 2020). For eksempel kan forskelle i rodvækst eller roddesign mellem arter, der vokser sammen, føre til en komplementær optagelse af vand eller næringsstoffer, når rodsystemerne er delvist adskilt i tid eller rum (Henry et al., 2010; Postma og Lynch, 2012; Ramirez-Garcia, 2015). På samme måde kan forskelle i rodarkitektur og fotosyntetisk effektivitet resultere i komplementaritet i lysoptagelse og lysudnyttelse (Stomph et al., 2020), især når arterne ikke sås eller høstes samtidigt (Yu et al., 2015).

En anden vigtig effekt på flere arter er en forbedret aggregering, og dermed jordstruktur, der øger jordens vandinfiltration, dens vandholdende evne og dens kationbytningskapacitet, dvs. dens evne til at tilbageholde og frigive næringsstoffer efter behov fra planter og mikrober (Bedel et al., 2018). Derudover mindskes risikoen for næringsstofudvaskning og jorderosion med øget aggregatstabilitet (Lavelle et al., 2020) (Bronick & Lal, 2005)

Effekter på Biodiversitet

Variation i sædskifte, brug af efterafgrøder og samdyrkning af afgrøder har generelt en positiv effekt på den mikrobielle biodiversitet i jorden (Schroeder et al., 2019). Figuerola et al. (2015) dokumenterede, at bakteriediversiteten i pløjefri jord med sædskifte var højere sammenlignet med monokultur. De fandt også, at marker med monokultur havde et tab af endemiske bakteriearter, som ellers var til stede i pløjefri marker med sædskifte og i nærliggende urørte enge. Alahmad et al. (2018) viste, at under franske forhold er arten af efterafgrøde den mest afgørende faktor for diversiteten af bakterier i jorden (Alahmad et al., 2018).

Den største biodiversitetseffekt findes måske i dette princip indenfor regenerativt landbrug. Effekten vil dog knytte sig meget til indsatsen, herunder om det blot er implementering af sortsblandinger, genintroduktion af gamle sortstyper, sribedyrkning, skovlandbrug eller decideret samdyrkning, hvor afgrøden varieres. Vi mener, at potentialet for at understøtte den funktionelle biodiversitet vil være størst i princippet Maksimal artsdiversitet. Giller et al. (2021) vurderer ligeledes, at maksimal diversitet (afgrøder, cover crops, skovlandbrugssystemer) har den største effekt på biodiversiteten. Det understøtter, at det er det eneste af de fem danske principper for regenerativt landbrug med en markant effekt på biodiversiteten.

Referencer

- Alahmad, A., Decocq, G., Spicher, F., Kheirbeik, L., Kobaissi, A., Tetu, T., Dubois, F., Duclercq, J. (2018) Cover crops in arable lands increase functional complementarity and redundancy of bacterial communities. *Journal of Applied Ecology* 56, 651-664.
- Bedel, L., Legout, A., Poszwa, A., van Der Heijden, G., Court, M., Goutal-Pousse, N., ... & Ranger, J. (2018). Soil aggregation may be a relevant indicator of nutrient cation availability. *Annals of Forest Science*, 75, 1-12.
- Bedoussac, L., Journet, E.-P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Jensen, E. S., et al. (2015). Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 911-935.
- Bronick, C. J., & Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1-2), 3-22.
- Brooker, R. W., Bennett, A. E., Cong, W. F., Daniell, T. J., George, T. S., Hallett, P. D., et al. (2015). Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytol.* 206, 107-117.
- Figuerola, E. L. M., Guerrero, L. D., Turkowsky, D., Wall, L. G., Erijman, L. (2015). Crop monoculture rather than agriculture reduces the spatial turnover of soil bacterial communities at a regional scale. *Environmental Microbiology*, 17, 678-688.
- Gao, W. Q., Wang, P., & Wu, Q. S. (2019). Functions and application of glomalin-related soil proteins: a review. *Sains Malays*, 48(1), 111-119.
- Giller, K. E., Hijbeek, R., Andersson, J. A., & Sumberg, J. (2021). Regenerative Agriculture: An agronomic perspective. *Outlook on Agriculture*, 50(1), 13-25.
- Henry, A., Rosas, J. C., Beaver, J. S., and Lynch, J. P. (2010). Multiple stress response and belowground competition in multilines of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crop Res.* 117, 209-218.
- Kløverpris, J. H., Bruun, S. A. N. D. E. R., & Thomsen, I. K. (2016). Environmental life cycle assessment of Danish cereal cropping systems. *DCA Rep*, (081).
- Kristoffersen R, Jørgensen L, Eriksen L, Nielsen G, Kiær L (2020) Control of *Septoria tritici* blotch by winter wheat cultivar mixtures: meta-analysis of 19 years of cultivar trials. *Field Crop Res.*
- Lavelle, P., Spain, A., Fonte, S., Bedano, J. C., Blanchart, E., Galindo, V., Grimaldi, M., Jimenez, J. J., Velasquez, E. & Zangerlé, A. (2020). Soil aggregation, ecosystem engineers and the C cycle. *Acta Oecologica*, 105, 103561.
- Li, C., Hoffland, E., Kuyper, T. W., Yu, Y., Li, H., Zhang, C., et al. (2020). Yield gain, complementarity and competitive dominance in intercropping in China: a meta-analysis of drivers of yield gain using additive partitioning. *Eur. J. Agron.* 113:125987. doi: 10.1016/j.eja.2019.125987
- Li, L., Tilman, D., Lambers, H., and Zhang, F. S. (2014). Plant diversity and overyielding: insights from belowground facilitation of intercropping in agriculture. *New Phytol.* 203, 63-69.
- Prescott, C. E., Rui, Y., Cotrufo, M. F., & Grayston, S. J. (2021). Managing plant surplus carbon to generate soil organic matter in regenerative agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*, 76(6), 99A-104A.
- Postma, J. A., and Lynch, J. P. (2012). Complementarity in root architecture for nutrient uptake in ancient maize/bean and maize/bean/squash polycultures. *Ann. Bot.* 110, 521-534.

- Ramirez-Garcia, J., Martens, H. J., Quemada, M., & Thorup-Kristensen, K. (2015). Intercropping effect on root growth and nitrogen uptake at different nitrogen levels. *Journal of Plant Ecology*, 8(4), 380-389.
- Schröder, P., Sauvêtre, A., Gnädinger, F., Pesaresi, P., Chmeliková, L., Doğan, N., ... & Terzi, V. (2019). Discussion paper: Sustainable increase of crop production through improved technical strategies, breeding and adapted management—A European perspective. *Science of the total environment*, 678, 146-161.
- Stomph, T., Dordas, C., Baranger, A., Bedoussac, L., de Rijk, J., Dong, B., et al. (2020). "Designing intercrops for high yield, yield stability and efficient use of resources: are there principles?" in *Advances in Agronomy*. ed. D. L. Sparks (Amsterdam, Netherlands: Elsevier), 1-50.
- Tilman D, Downing JA (1994) Biodiversity and stability in grasslands. *Nature* 367:363-365.
- Yu, Y., Stomph, T.-J., Makowski, D., and Van Der Werf, W. (2015). Temporal niche differentiation increases the land equivalent ratio of annual intercrops: a meta-analysis. *Field Crop Res.* 184, 133-144.
- Zhang, Z., Kaye, J. P., Bradley, B. A., Amsili, J. P., & Suseela, V. (2022). Cover crop functional types differentially alter the content and composition of soil organic carbon in particulate and mineral-associated fractions. *Global Change Biology*, 28(19), 5831-5848.

6.4 Princip 4: Integration af husdyr og planteavl

Forfattere: Anne Grete Kongsted, Claus Rasmussen og Klaus Horsted (AU-AGRO)

Generelt betragtes en øget integration af udegående husdyr i planteproduktionen som gavnlig for produktionens miljø- og klimaafttryk sammenlignet med den nuværende praksis, hvor udegående husdyr primært holdes i relativt stationære, græsbaseerede systemer. Dette skyldes især en forventning om forbedret udnyttelse af de næringsstoffer, som dyrene afsætter og øget opbygning af organisk kulstof i jorden, når husdyrene fouragerer på arealerne i relativt korte perioder i flytbare og rotationsbaseerede koncepter (Jaworski et al., 2022).

Potentialet for at anvende regenerative principper til at understøtte den grønne omstilling i økologisk husdyrproduktion varierer delvist med husdyrarten. Dette skyldes både, at de største udfordringer inden for hver husdyrart er forskellige, og at potentialet for at opnå regenerative mål varierer med husdyrart.

Effekter på miljø - Næringsstofhusholdning (N og P)

For at sikre god næringsstofhusholdning og dermed reducere risikoen for næringsstofftab er det afgørende, at mængden af næringsstoffer, som dyrene afsætter via deres gødning, afspejler eksisterende og kommende afgrøders næringsstofbehov samt, at risikoen for jorderosion og overfladisk afstrømning af vand reduceres.

Grise

Økologiske grise er allerede delvist integreret i afgrødeproduktionen, i og med at flertallet af de økologiske søer er udegående året rundt i græsbaseerede systemer som del af et toårigt sædskifte med et år med kløvergræs (forår til forår) efterfulgt af en kornafgrøde med udlæg, som høstes ved modenhed eller som helsæd. En af de mest veldokumenterede udfordringer ved denne praksis er risikoen for næringsstofftab, især gennem nitratudvaskning (Manevski et al., 2019). Selvom det endnu ikke er tilstrækkeligt dokumenteret, tyder meget på, at der også er en betydelig risiko for fosfortab, enten via udvaskning eller overfladisk afstrømning af vand (Kongsted et al., 2020).

Oftest anvendes græsarealerne kontinuerligt igennem 10-12 måneder (Kongsted et al., 2019). På trods af, at søernes rodeadfærd hæmmes ved isætning af trynering (jf. 3.4), er det vanskeligt at bevare plantedække året rundt, især i efterårs- og vintermånederne (Kongsted et al., 2020), hvilket øger risikoen for tab af næringsstoffer. Samtidig er systemet udfordret af grisenes gødeadfærd, som medfører en ujævn afsætning af næringsstoffer med risiko for dannelse af 'hotspots', der overstiger planternes næringsstoffoptag (Jakobsen et al., 2018). Implementering af regenerative principper i den økologiske praksis indebærer hyppigere flytninger, f.eks. efter et eller to hold søer, hvilket gavner græsdekke (Larsen og Kongsted, 2001; Kongsted et al., 2020) og dermed fastholdelse af de afsatte næringsstoffer i græssets vækstsæson. Samtidig muliggør denne praksis et eller flere græsslæt til produktion af ensilage, og dermed 'optimering' af foldarealernes bidrag til bedriftens foderforsyning.

I modsætning til søer holdes hovedparten af økologiske slagtegrise på stald med adgang til løbegårde. Implementering af regenerative principper i denne produktionsfase vil betyde, at grisene i højere grad skal have adgang til foldarealer. Et sådant skift forventes at reducere risikoen for N-tab via ammoniakfordampning (Jakobsen et al., 2015), men det kan øge risikoen for N-tab via udvaskning (Eriksen et al., 2006), medmindre systemets kvælstofbalance reduceres gennem optimeret fodring (med tilpasning af foderniveau og proteinindhold til dyrenes behov og forventet optag fra marken) samt brug af større foldarealer. Dette skal kombineres med sæsonproduktion eller mobile koncepter med hyppige (f.eks. daglige) flytninger (Eriksen et al., 2006; Jørgensen et al., 2018; Kristensen et al., 2020; Kongsted et al., 2021). I mobile systemer med grise i vækst ses der i praksis en betydelig genvækst af græsset, om end at en stor andel af genvæksten er i form af ukrudtsgræsser (Kristensen et al., 2020). Selvom næringsstofoptaget fra genvæksten således må forventes at være markant lavere sammenlignet med en vel-etableret kløvergræsmark, anses risikoen for udvaskning fra mobile anlæg til slagtegrise at være lavere end tabet fra stationære systemer (Quintern & Sundrum, 2006; Kristensen et al., 2020; Kongsted et al., 2023). Dette skyldes både muligheden for græssets genvækst, men ligeledes muligheder for at sikre en mere homogen fordeling af næringsstoffer samt evt. etablering af efterafgrøder umiddelbart efter gri-sebrug. Endnu en fordel ved flytbare systemer er muligheden for øget integration i afgrødeproduktionen. Derved kan grise f.eks. anvendes til at opsamle spildafgrøder, udføre jordbearbejdning og lignende, samtidig med at dyretrykket kan minimeres, da inddragelsen af et større areal til griseproduktionen ikke nødvendigvis påvirker bedriftens samlede afgrødeproduktion negativt. Netop dyretryk er af afgørende betydning for risikoen for næringsstofftab i frilandssystemer, og bør altid justeres i forhold til afgrødernes potentielle næringsstoffastholdelse uanset koncept (Jørgensen et al., 2018).

I forhold til tab af næringsstoffer via overfladeafstrømning kan øget mobilitet og rotation måske mindske risikoen for jordkompaktion, hvilket er en velkendt risiko på arealer med udegående dyr afhængig af jordtype og klimatiske forhold (Quintern & Sundrum, 2006; Pun et al., 2024). Dette vil ligeledes reducere risikoen for N tab via denitrifikation.

De senere år er der opstået en stigende interesse for implementering af træer på foldarealer, der anvendes til udegående husdyr. I forhold til grise og næringsstofhusholdning er træerne særligt interessante, fordi de er mere robuste overfor grisenes rodeadfærd sammenlignet med kløvergræs, og således kan bidrage til bevarelse af et levende plantedække året rundt (jf. 3.4). Derudover har de et stort vertikalt og horisontalt rodnet, der kan opsamle næringsstoffer fra dybere jordlag. Der henvises til Jensen et al. (2023 afs. 5.8.1) samt Jensen et al. (2024) for en analyse af træers forventede positive effekter i henhold til næringsstoffastholdelse m.m. ved husdyr på friland.

Fjerkræ

Økologiske fjerkræ skal have adgang til udearealer i minimum en tredjedel af deres liv, og udearealet skal overvejende være dækket af vegetation, ligesom der skal være en tomgangsperiode mellem opdræt af to flokke bl.a. for at sikre genvækst af vegetation (Vejledning om økologisk jordbrugsproduktion, 2024). Punktbelastning i form af større gødningsafsætning tæt på staldanlæg og udgangshuller sam-

menlignet med det øvrige udeareal er gentagne gange blevet identificeret som en udfordring i stationære systemer (Hermansen et al. 2005, Stadig et al., 2018, Aronsson et al., 2022; Zoli et al., 2023). De senere år er der imidlertid kommet nye anbefalinger i Danmark vedrørende beplantning af udearealer netop med henblik på at sikre, at dyrene anvender hele udearealet. Der foreligger dog, efter vores kendskab, ingen nyere undersøgelser, der vurderer, hvorvidt dette er opnået med de nye krav, samt hvorvidt det er muligt at opretholde vegetation året rundt. Uanset må det forventes, at der især i vinterperioden er risiko for tab af N og P via udvaskning eller overfladeafstrømning. Flytbare enheder kan formentlig i højere grad end stationære systemer sikre en jævn fordeling af næringsstoffer samt efterfølgende fastholdelse af næringsstoffer gennem genvækst eller etablering af efterafgrøder, svarende til praksis med udegående grise. Samtidig må det forventes, at en øget integration i afgrødeproduktionen, f.eks. med henblik på skadedyrs- og ukrudtsbekæmpelse i frugtproduktion (jf. 4.4), og dermed inddragelse af et større fourageringsareal, muliggjort ved flytbare enheder, reducerer risikoen for N-tab.

Kvæg

Generelt vurderes risikoen for N-udvaskning at være relativt lav på økologiske kvægbedrifter sammenlignet med økologiske grise- og fjerkræbedrifter (Hermansen et al., 2015). Dog er der betydelig risiko for N-udvaskning efter ompløjning af kløvergræs, medmindre der etableres en afgrøde, der effektivt kan udnytte de frigivne næringsstoffer (Olesen et al., 2020). Sidstnævnte praksis er i god overensstemmelse med regenerative landbrugsprincipper.

Samgræsning (integration på tværs af husdyrarter)

De regenerative principper fordrer integration på tværs af husdyrarter (Mhuireach et al., 2022). Samgræsning med flere husdyrarter enten simultant eller på skift (sekventielt) er nævnt som en mulig strategi til forbedret udnyttelse af de potentielt tilgængelige næringsstoffer på marken, bl.a. som følge af komplementære fourageringsmønstre og fødepræferencer, men empirien er sparsom (Martin et al., 2020). Et dansk studie med samgræsning mellem drægtige søer og kvier indikerer en positiv effekt på græskvaliteten sammenlignet med græsning med hver dyreart for sig (Sehested et al., 2000). Endelig kan samgræsning muligvis forbedre afgrødernes udnyttelse af dyrenes afsatte næringsstoffer som følge af forskelle i gødningsmønstre.

Effekter på klima

Effekten af integration af husdyr og planteavl på klimaet afhænger af, hvordan systemet opbygges og dyrene inddrages. For malkekvæg er spørgsmålet, om der sker betydende ændringer i produktionssystemet i forhold til nuværende økologiske malkekvægssystemer, og om det er ændringer, der kan forventes at have en klimaeffekt. Det har således stor betydning, hvor høj en andel af foderet til malkekvæg, der skal udgøres af afgræsset græs, og hvor stor del af året dyrene skal gå ude på græsarealerne. Dels vil de højtydende malkekøer, der anvendes i økologisk produktion i dag med ydelsesniveau på ca. 10.000 kg EKM/årsko, næppe kunne opretholde deres produktionsniveau ved udelukkende eller næsten udelukkende afgræsning. I projekt 'Græsmælk' blev der således opnået en ydelse på 5.200 kg EKM pr. årsko, når fodringen udelukkende var baseret på græs, (1880 kg TS afgræsset pr. ko pr. år) og

som ensilage (Kristensen, 2021 pers. med.). Dels vil en forlængelse af sæsonen, hvor dyrene opholder sig på græsningsarealerne påvirke mængden af gødning, der efterlades her, herunder i perioder, hvor arealet ikke bidrager nævneværdigt til dyrenes foderforsyning, og større mængder af foder må tilføres. Samtidig vil den afsatte gødning ikke kunne anvendes i det øvrige plantesædskifte. Et af målene med implementering af regenerative landbrugsprincipper i den økologiske husdyrproduktion er at forbedre udnyttelse af de afsatte næringsstoffer (jf. ovennævnte), hvilket generelt reducerer risikoen for tab af kvælstof via denitrifikation og dermed dannelse af klimagassen N_2O (lattergas). Derfor er det væsentligt at definere, hvordan f.eks. kvæg afgræsser arealerne mest hensigtsmæssigt.

Tilsvarende skal det vurderes, hvordan andre dyrearter integreres i planteproduktionen og om der evt. kan opnås synergieffekter ved integrering i forskellige typer af produktionssystemer og evt. græsnings-systemer, hvor forskellige dyrearter samgræsser jf. tidligere nævnte eksempel med afgræsning først af kvæg, der efterfølges af æglæggende høner på de samme arealer (afsnit 4.4). Det er også væsentligt at notere sig, at dyrs evt. positive integration i en given afgrødeproduktion kan afhænge af hvilken race/genotype, der anvendes. F.eks. kan de højtproducerende afstamminger, der anvendes i økologisk produktion i dag, tænkes at være mindre egnede i de mere ekstensive systemer, der inddrager de regenerative principper. Et eksempel kan f.eks. være de økologiske slagtekyllingetyper, der anvendes i dag, og som har en relativ høj tilvækst sammenholdt med f.eks. de genotyper, der anvendes i den franske Label Rouge og La Bresse produktion, hvor førstnævnte reelt udgjorde udgangspunktet for den måde, hvorpå den økologiske slagtekyllingeproduktion blev udformet i Danmark (Hermansen et al., 2014). De hurtigere voksende økologiske kyllinger som i dag anvendes i Danmark, har isoleret set en langt bedre foderudnyttelse og er dermed mere klimaeffektive end de dyr, der anvendes i de to franske systemer, hvis de opdrættes i systemer baseret på tilført foder. Omvendt vil den højere tilvækst typisk kræve større andel indkøbt koncentreret foder og påvirke dyrenes aktivitetsniveau negativt herunder fourageringsadfærd og brug af udearealet. De langsomt voksende kyllinger fra de franske systemer vil pga. deres højere aktivitetsniveau sandsynligvis have et højere indtag af fødeemner fra udearealet og muligvis kunne bidrage til skadedyrsbekæmpelse i f.eks. frugtplantager, bekæmpelse af ukrudt samt en bedre fordeling af gødning på arealerne (Almeida et al., 2012). Disse forhold skal ideelt set også medregnes ved vurdering af klima- og miljøeffekter i systemer baseret på de regenerative principper, så det bliver effekten for det samlede system.

For grise har varigheden af dyrenes ophold på et givet udeareal betydning. Eksempelvis er det fundet, at længerevarende brug af de samme udendørs arealer kombineret med manglende vegetation på arealet udgør en risiko for tab af jordens organiske kulstof (SOC). Pun et al. (2024) modellerede effekten af udegående grise (svarende til 269 kg N/ha tilført årligt) på SOC baseret på klimatiske fremskrivninger, specifikt med udgangspunkt i engelske klimaforhold. Modelberegningerne viste et fald i SOC i det øvre jordlag (20 cm) over en periode på 40 år, ved to års gentagen grisebrug efterfulgt af fire års kornafgrøder samt ved 12 måneders grisebrug efterfulgt af 12 måneders græs uden grise og derefter fire års kornafgrøde. Faldet i SOC kunne således modvirkes ved en ændring i praksis for anvendelse af arealerne til kun seks måneders brug til grise efterfulgt af seks måneders græs uden grise, igen efterfulgt

af seks måneders grisebrug og seks måneders græs, og til sidst fire års korndyrkning. Sidstnævnte praksis for anvendelse af græsarealerne harmonerer fint med de regenerative principper.

Generelt kan det dog siges, at den viden, der findes om klimaeffekten af dyrenes bidrag under regenerative produktionsforhold, er meget begrænset set i forhold til økologisk produktion. Endvidere er det ikke entydigt, hvordan en regenerativ produktion gennemføres, sammenholdt med den nuværende økologiske produktion. Hvilke ændringer sker der i produktionssystemet i forhold til husdyrholdet og dets integration med planteproduktionen, og hvilke af disse forhold kan tænkes at have en klimaeffekt. Derfor er der et stort behov for at definere, hvordan dyrene skal indgå i et system baseret på de regenerative principper og hvilken effekt, der ønskes. Der er også behov for undersøgelser, der ikke anskuer klimaeffekten isoleret set for den enkelte produktionsgren, men opgør effekten for det samlede system. Endvidere at man ikke kun ser på klimaeffekten, men sammenholder dette med effekten på miljø, biodiversitet, dyrevelfærd mv.

Effekter på Biodiversitet

Generelt har afgræsning en positiv effekt på biodiversiteten, herunder for både urter og invertebrater, i forhold til en maskinel årlig høst af græs (Tälle et al., 2016). Effekten afhænger dog af typen af græsland, hvor effekten kan aftage eller ligefrem bliver bedre under maskinel græsslåning. Overgræsning er oftest værre end græsslåning. Zhu et al. (2021) fandt at græsslåning var bedre end intens græsning på semi-naturlige græsarealer. De fandt også, at en kombination af græsslåning og græsning lagde yderligere negativt pres på planterigdom og -funktioner. Negative effekter ses typisk, hvis der ikke er lagt en større diversitet ind i behandlingen af arealerne, f.eks. områder helt uden græsning eller græsslåning blandt behandlede græsarealer (Cizek et al., 2012). Giller et al. (2021) satte derfor spørgsmålstegn ved græsningseffekten, der mangler at blive belyst under forskellige scenarier, mens Burgess et al. (2019) understreger, at en positiv effekt kun ses ved ekstensiv afgræsning, mens en intensiv afgræsning har decideret negativ effekt på biodiversiteten.

Referencer

- Almeida, G. F. d., Hinrichsen, L. K., Horsted, K., Thamsborg, S.M. and Hermansen, J. E., 2012. Feed intake and activity level of two broiler genotypes foraging different types of vegetation in the finishing period. *Poultry Science* 91, 2105-2113.
- Aronsson, H., Wahlund, L., Lovang, M., Hellstrand, E., Odelros, Å., Salomon, E. 2022. Phosphorous load in outdoor areas for laying hens and capacity of phosphorous retaining materials to reduce the environmental impact. *Organic Agriculture* 12: 325-334.
- Burgess PJ, Harris J, Graves AR, et al. (2019) *Regenerative Agriculture: Identifying the Impact; Enabling the Potential*. Report for SYSTEMIQ. Cranfield: Cranfield University. 69 pp.
- Cizek, O., Zamecnik, J., Tropek, R. et al. Diversification of mowing regime increases arthropods diversity in species-poor cultural hay meadows. *J Insect Conserv* 16, 215-226 (2012).
- Eriksen, J., Hermansen, J.E., Strudsholm, K. og Kristensen, K. 2006. Potential loss of nutrients from different rearing strategies for fattening pigs on pasture. *Soil use and management* 22: 256-266
- Hermansen, John Erik; Horsted, Klaus; Hegelund, Lene; Frantzen, C.; Johansen, N.F. (2005) *Forbedrede udearealer i økologisk ægproduktion*. 67 udg. DJF Rapport - Husdyrbrug, 2005. 71 s.
- Hermansen J.E., Horsted K., and Kongsted A.G. Meat, Animal, Poultry and Fish Production and Management: Meat Production in Organic Farming. In: Carrick Devine & Michael Dikeman, editors-in-chief. *Encyclopedia of Meat Sciences* 2e, Vol. 2, Oxford: Elsevier; 2014. pp. 199-203.
- Hermansen, J.E., Munkholm, L., Bruus, M., Eriksen, J., Poulsen, H.A., Kronvang, B., Bak, J.L., Dalgaard, T., Kristensen, H.L., Rasmussen, A., Adamsen, A.P., Hansen, B., Brücsh, W., Thorling, L., Magid, J., Rasmussen, S.K., Jensen, L.S. 2015. Miljø. I: Jespersen, L.M. (Ed). *Økologiens bidrag til samfundsgoder*. Vidensyntese ICROFS. 409 pp.
- Jakobsen, M., Hermansen, J.E., Andersen, H.M.-L., Jørgensen, U., Labouriau, R., Rasmussen, J. and Kongsted, A.G., 2018. Elimination behavior and soil mineral nitrogen load in an organic system with lactating sows – comparing pasture-based systems with and without access to poplar (*Populus* sp.) trees, *Agroecology and Sustainable Food Systems*,
- Jakobsen, M., Preda, T., Kongsted, A.G. and Hermansen, J.E., 2015. "Increased Foraging in Outdoor Organic Pig Production—Modeling Environmental Consequences. *Foods* 4(4), 622.
- Jaworski, C. C., Krzywoszynska, A., Leake, J. R., & Dicks, L. V. (2024). Sustainable soil management in the United Kingdom: A survey of current practices and how they relate to the principles of regenerative agriculture. *Soil Use and Management*, 40, e12908.
- Jaworski, C. C., Thomine, E., Rusch, A., Lavoit, A. V., Xiu, C., Ning, D., ... & Desneux, N. (2022). At which spatial scale does crop diversity enhance natural enemy populations and pest control? an experiment in a mosaic cropping system. *Agronomy*, 12(8), 1973.
- Jørgensen, U., Thuesen, J., Eriksen, J., Horsted, K., Hermansen, J. E., Kristensen, K., and Kongsted, A. G., 2018. Nitrogen distribution as affected by stocking density in a combined production system of energy crops and free-range pigs. *Agroforestry Systems* 92: 987.
- Kongsted, A.G., Pedersen B.F., Kristensen I.S., Kristensen T., Eriksen J. 2019. Miljøpåvirkning fra udendørs hold af grise – Folddriftspraksis og næringsstofbalancer (Del I). DCA-nationalt center for Fødevarer og Jordbrug. 27 pp.

- Kongsted, A.G., BF Petersen, IS Kristensen, J Eriksen, T Kristensen. 2020. Miljøpåvirkning fra udendørs hold af grise (Del II). DCA-nationalt center for Fødevarer og Jordbrug.
- Kongsted, A.G., H.M.L. Andersen, E. Salomon, I.S. Kristensen 2021. Pigs integrated in cropping systems to support a sustainable and diversified organic meat production. Pre-Conference on Animal Husbandry 6-7 September 2021 linked to the 20th Organic World Congress in Rennes, France on 8-10 September 2021 Organised by IFOAM Animal Husbandry Alliance (IAHA).
- Kongsted, A.G., Børgesen, A.G., Kristensen, T. 2023. Miljøvurdering af byggebladets kvælstofloft samt nyt kvælstofloft på 170 kg N. DCA Nr. 2023-0496669, 12 s., mar. 15, 2023.
- Kristensen, I.S., A.G. Kongsted, H.M-L Andersen. 2020. Mobil grisevogn: Udvaskning og mark-erfaringer fra praksis. Erfaringer i marken med produktion af økologiske slagtegrise i mobile grisevogne. Notat i SV-AR projektet.
- Manevski, K., Lærke, P. E., Olesen, J. E., & Jørgensen, U. (2018). Nitrogen balances of innovative cropping systems for feedstock production to future biorefineries. *Science of the Total Environment*, 633, 372-390.
- Manevski, K., Jakobsen, M., Kongsted, A. G., Georgiadis, P., Labouriau, R., Jørgensen, U., & Hermansen, J. E. (2019). Effect of poplar trees on nitrogen and water balance in outdoor pig production - a case study in Denmark. *Science of the Total Environment*, 646, 1448-1458.
- Martin, G., Barth, K., Benoit, M, Brock, C., Destruel, M, Dumont, B, Grillot, M., Hübner, S., Magne. M.A., Mörner, M., Mosnier, C., Parsons, D., Ronchi, B., Schanz, L., Steinmetz, L., Werne, S., Winckler, C.
- Mhuireach, G. Á., Dietz, L., & Gillett, T. (2022). One or many? Multi-species livestock grazing influences soil microbiome community structure and antibiotic resistance potential. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 926824.
- Mosier, S., Apfelbaum, S., Byck, P., Calderon, F., Teague, R., Thompson, R., Cotrufo, M.F. 2021. Adaptive multi-paddock grazing enhances soil carbon and nitrogen stocks and stabilization through mineral association in southeastern U.S. grazing lands. *Journal of Environmental Management* 288: 112409.
- Pun, I., Galdos, M. V., Chapman, P. J., Lloyd, I. L., Banwart, S., Dobbie, S., & Collins, L. (2024). Measuring and modelling the impact of outdoor pigs on soil carbon and nutrient dynamics under a changing climate and different management scenarios. *Soil Use and Management*, 40(1), e13029.
- Quintern, M., & Sundrum, A. (2006). Ecological risks of outdoor pig fattening in organic farming and strategies for their reduction—Results of a field experiment in the centre of Germany. *Agriculture, ecosystems & environment*, 117(4), 238-250.
- Sehested, J., Monrad, J., Søgaard, K., & Danielsen, V. (2000). Performance and parasitosis in heifers grazing mixed with sows.
- Stadig, L. M., Rodenburg, T. B., Ampe, B., Reubens, B., & Tuytens, F. A. (2018). An automated positioning system for monitoring chickens' location: Effects of wearing a backpack on behaviour, leg health and production. *Applied Animal Behaviour Science*, 198, 83-88.
- Tälle, M., Deák, B., Poschlod, P., Valkó, O., Westerberg, L. og Milberg, P. (2016). Grazing vs. mowing: A meta-analysis of biodiversity benefits for grassland management. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 222, 200-212
- Zhu, Y., Delgado-Baquerizo, M., Shan, D. et al. (2021). Grazing impacts on ecosystem functions exceed those from mowing. *Plant Soil* 464, 579-591.

Zoli, M., Mantovi, P., Ferrari, P., Ferrari, L., & Ferrante, V. (2023). Soil Organic Matter and Nutrient Levels in Outdoor Runs in Organic Laying Farms. *Animals*, 13(3), 401.

6.5 Princip 5: Recirkulering af ressourcer

Forfattere: Claus Rasmussen og Johannes Ravn Jørgensen (AU-AGRO)

Effekter på Klima og Miljø

Effekten af recirkulering af ressourcer i regenerativt landbrug på klima og miljø er ikke særskilt undersøgt. Derimod er kvantificering af klima- og miljøeffekterne ved biogasproduktion undersøgt i DCA-rapporten Bæredygtig biogas - klima- og miljøeffekter af biogasproduktion (Olesen et al., 2020). Rapporten indeholder en analyse af effekterne ved produktion af biogas baseret på husdyrgødning og andre relevante biomasser fra affaldshåndtering og landbrug. Der præsenteres en beskrivelse og kvantificering af alle væsentlige effekter, herunder energiproduktion, drivhusgasudledninger, kvælstofudvaskning, ammoniakfordampning, næringsstofudnyttelse og lugtgener fra udbringning, hvorfor der her henvises til denne rapport vedr. klima- og miljøeffekter vedr. Recirkulering af ressourcer via biogas.

Kvantificerede klima- og miljøeffekter ved anvendelse af biokul i regenerativt økologisk landbrug er ikke særskilt undersøgt i videnssynesen. For viden om effekten af biokul henvises der til Videnssynesen/DCA-rapport nr. 208 angående biokul i dansk landbrug (Elsgaard et al., 2022). Denne videnssynese sammenfatter baggrund for og aktuel viden om anvendelsen af biokul i landbrugsjord, med fokus på danske forhold og baseret på pyrolyse af af relevante biomasser (feedsocks) som halm, afgassede fibre fra biogasanlæg og spildevandsslam.

Effekter på Biodiversitet

En direkte effekt på biodiversitet som følge af recirkulering af ressourcer i landbruget er ikke umiddelbart at forvente (Giller et al., 2021). Effekten vil primært være af mere indirekte karakter, herunder forbedret vandmiljø pga. mindre nærringsstofftab fra arealerne. Selve dyrkningsarealerne vil uanset kilden stadig være gødskede for at optimere fødevarerproduktionen og overgødskede i forhold til natur, med udkonkurrering af urter og andre værtsplanter for invertebrater som følge.

Referencer

Elsgaard L., Adamsen S. A. P., Henrik B. Møller B. H., Winding A., Jørgensen U., Mortensen Ø. E., Arthur E., Abalos D., Andersen N. M., Thers H., Sørensen P., Dilnessa A. A. & Elofsson K. Knowledge synthesis on biochar in Danish agriculture. 166 pg. – DCA advisory report No. 208, 2022 (VIDENSYNTSESE OM BIO-CHAR I DANSK LANDBRUG): DCA rapport 208.

Giller, K. E., Hijbeek, R., Andersson, J. A., & Sumberg, J. (2021). Regenerative Agriculture: An agronomic perspective. *Outlook on Agriculture*, 50(1), 13-25.

Olesen, J. E., Møller, H. B., Petersen, S. O., Sørensen, P. E. T. E. R., Nyord, T., & Sommer, S. G. (2020). Bæredygtig biogas: klima og miljøeffekter af biogasproduktion. DCA-Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

6.6 Regenerativt landbrug og dets effekt på dyrevelfærd

Forfattere: Emma H. Jensen og Lene J. Pedersen (AU-ANIVET)

Det er vanskeligt at svare præcist på, hvordan dyrevelfærden påvirkes ved integration af dyr og planteproduktion, idet de præcise forhold, hvorunder dyr integreres med planteproduktion, ikke er nærmere beskrevet. Den følgende besvarelse bygger derfor på en antagelse om, at dyr opholder sig døgnet rundt på dyrkede arealer med en form for bevoksning (græs, restafgrøder, buske, træer) (*i det efterfølgende kaldet dyrkede ude-arealer*), hvor de flyttes hyppigt mellem arealer for at bevare plantedække.

Under disse antagelser vil brug af dyr i regenerativt økologisk landbrug højst sandsynligt påvirke dyrenes velfærd i en positiv retning. Det er dog vigtigt at pointere, at det er forudsat, at tildelte ressourcer er af god kvalitet, og at pasningen og ressourcer i øvrigt følger lovgivningen for hold af økologiske dyr på ude-arealer. Det er også vigtigt at pointere, at potentielle effekter på velfærd endnu ikke er uddybende undersøgt.

Et systematisk review af eksisterende studier af regenerativt landbrug med integration af dyr og planteproduktion konkluderede, at systemets påvirkning af dyrevelfærd hovedsageligt forventes at bidrage positivt til dyrenes sundhed. F.eks. forventes det, at forbedret jordkvalitet øger foderkvaliteten og dermed også dyrenes sundhed, samt at muligheden for at græsse også vil gøre dyrene sundere. Andre studier forventede at regenerativt landbrug, i forhold til andre systemer, vil bidrage med mere skygge til udegående dyr og dermed forhindre varmestress. Få studier inkluderede effekten af regenerativt landbrug på opfyldelsen af dyrs adfærdsmæssige behov. Endnu færre studier inkluderede eventuelle negative effekter af regenerativt landbrug, og ingen af studierne definerede tilstrækkeligt dyrevelfærd, eller hvordan dyrevelfærd blev målt. Reviewet nævnte desuden at dyrevelfærdsforskning ikke var inddraget som disciplin i undersøgelser af effekter af regenerativt landbrug (Hargreaves-Méndez & Hötzel, 2023).

De potentielle fordele for dyrevelfærd i regenerativt økologisk landbrug er primært relaterede til, at dyrene gives adgang til at fouragere på dyrkede ude-arealer. Dermed kan forskningsresultater fra andre systemer med udegående dyr bidrage med viden om dyrevelfærd. Adgang til dyrkede ude-arealer kan f.eks. forebygge halthed og reducere smittespredning hos grise og køer (Delsart et al., 2020; Gong et al., 2021; McLellan et al., 2022); dog udsættes grise med adgang til dyrkede ude-arealer for større risiko for smitte med parasitter samt sygdomme fra vilde dyr (Delsart et al., 2020), hvilket også ses med især fugleinfluenza hos fjerkræ (Hernández-Jover et al., 2015). Smitten er sandsynligvis mindre, hvis dyrene hyppigt flyttes mellem dyrkede arealer, end hvis de opholder sig stationært på ét dyrket areal.

Kvantitativ plads

Mængden af plads har effekt på dyrs aktivitetsniveau, og påvirker dermed dyrs fysiske og mentale sundhed. Derudover kan rigelig plads bidrage til synkronisering af en gruppes adfærd og hindre aggressiv adfærd fra dominerende individer, hvilket hjælper til at opretholde en stabil rangorden (Buijs et

al., 2011; Chidgey, 2023; Mee & Boyle, 2020). Hos alle arter kan rigelig plads give dyrene bedre mulighed for at udvise naturlige adfærdsmønstre (Sanchez-Casanova et al., 2019), hvilket f.eks. kan bidrage til reduceret risiko for udvikling af unormal adfærd, som f.eks. halebid hos grise (Larsen et al., 2018). I regenerativt økologisk landbrug vil mængden af plads pr. dyr afhænge af hvor stort et (græsnings)tryk og gødningsfordeling, der ønskes på et givent område for at opnå den tiltænkte effekt (Rinehart & Morris, 2022); højere dyretæthed end i mere traditionelle økologiske afgræsningssystemer regnes for at være en del af præmissen for regenerativt økologisk landbrug (Fenster et al., 2021). For høj tæthed kan reducere kvægs græsningsadfærd samt øge aggressive interaktioner (Teixeira et al., 2017), hvilket kan forventes at reducere både græsningens effektivitet samt kvægets velfærd. Dog må det forventes, at dyretætheden i et regenerativt økologisk landbrug er sammenlignelig med eller lavere end i et traditionelt økologisk landbrug, da en af præmisserne for regenerativt økologisk landbrug er, at dyrene skal have plads til og fri mulighed for at fouragere.

Kvalitet af plads

Adgang til bevoksede ude-arealer er berigende og øger bevægelse og naturlig fødesøgningsadfærd, som er højt prioriteret adfærd (Knierim, 2006; Studnitz et al., 2007), hvilket derved er forbundet med positive sindstilstande (Tozawa et al., 2016) jf. modellen "de fem domæner" for dyrevelfærd (Mellor & Beausoleil, 2015). Hos grise vil risikoen for halebid reduceres ved adgang til bedre og mere rode-beskæftigelsesmateriale (Larsen et al., 2018). Derved forventes det at adgang til bevoksede ude-arealer sammenlignet med traditionel økologisk griseproduktion, hvor grise har adgang til betonlagte ude-arealer, vil fremme god dyrevelfærd, da grisene dermed har mulighed for at udføre mere naturlig fødesøgningsadfærd. Hos fjerkræ øger adgang til bevoksede ude-arealer forekomsten af støvbadning, hvilket i lighed med fødesøgningsadfærd er en højt prioriteret adfærd (Knierim, 2006). Adgang til bevoksede ude-arealer kan endvidere være med til at reducere fjerpilning (Coton et al., 2019). Dette er dog allerede et krav i traditionel økologisk produktion af fjerkræ.

Dog viser ikke alle høns lige stor præference for at opholde sig på ude-arealer, hvilket kan være relateret til genetisk- og opvækstbetinget tilbøjelighed for frygtsomhed (Campbell et al., 2016). Et udendørsareal til fjerkræ bør derfor også indeholde overdækning, som f.eks. træer og buske eller opsatte dækplader, hvorunder fuglene kan søge i skjul fra f.eks. rovfugle. Desuden bør fuglene gradvist tilvænnes at være udendørs (Sanchez-Casanova et al., 2019). Fjerkræ bør desuden have adgang til siddepinde, enten naturlige eller kunstige. Selvom regelsættet for regenerativ økologisk produktion skal følge regler for traditionel økologisk produktion, hvor det er krav at buske eller træer dækker minimum 50% af fuglenes udendørsområde (Ingvorsen & Jensen, 2024), kan det være sværere at integrere krav til f.eks. siddepinde og gradvis tilvæning til et nyt ude-areal i et regenerativt økologisk system, hvor dyrene flyttes hyppigere.

I traditionel økologisk produktion af grise og malkekvæg kan intensiv rodeadfærd/afgræsning resultere i, at plantedækket på arealet helt destrueres. Det er årsagen til, at voksne søer i traditionel økologisk produktion ofte udstyres med ring i trynen. Dette kan muligvis undgås i regenerativ økologisk produktion, hvor afgrøder beskyttes ved hyppigere flytning mellem folde på ude-arealet. Hyppig flytning kan også

bidrage til at undgå mudrede områder i kvægfolde. Store mængder mudder kan reducere kvægs ligetid samt øge risikoen for sygdomme og infektioner (Chen et al., 2017).

Uanset dyreart, vil adgang til frisk græs eller andre fiberrige afgrøder have en gavnlig effekt på mave-tarm sundheden i forhold til, hvis de fodres med energirigt processeret foder (Desbruslais et al., 2021; Friman et al., 2024; Lindberg, 2014). Drægtige søer i traditionel økologisk produktion opholder sig typisk på stald med adgang til betonlagte ude-arealer. De fodres med koncentreret foder og skal tildeles fri adgang til grovfoder. I regenerativt økologisk landbrug vil søerne kunne optage en større del af deres næring gennem naturlig fødesøgningsadfærd, hvilket bidrager til positive oplevelser og større mæthedsfølelse (Jensen et al., 2012). Ernæringsværdien af de tilgængelige planter skal dog sikre, at dyrenes ernæringsmæssige behov bliver dækket (Pietrosemoli & Green, 2018).

Hyppig flytning

Producenter, der bruger dyr i regenerativt landbrug, rapporterer selv, at de ser hyppig flytning af dyrene som en positiv situation, idet dyrene lærer, at flytningen indebærer adgang til nye ressourcer, hvilket resulterer i både nyhedsværdi (Studnitz et al., 2007) og i et bedre dyr-menneske forhold end i traditionel økologisk produktion, hvor dyrene holdes i mere stationære systemer (Gosnell et al., 2019). Sidstnævnte kræver dog, at producenterne har modtaget træning i korrekt håndtering af dyr, hvilket også vil afhænge af arten, de anvender i deres systemer. Flytning og transport til ukendte områder virker dog skræmmende for kvæg, afhængig af deres frygtsomhed (MacKay et al., 2014).

Termoregulering og hvile

Såfremt dyrene har tilstrækkelig adgang til læ, ly og skygge, giver det valgmuligheder i forhold til at termoregulere. På varme dage viser kvæg tydelig præference for skyggefulde eller kølige områder (Schütz et al., 2011), og det samme gør svin (Mós et al., 2020). Grise søger skygge eller graver fordybninger i jorden for at køle sig på varme dage, hvilket reducerer risikoen for varmestress og solskoldning (Bracke, 2011; Jakobsen et al., 2017). For grise er der krav om adgang til sølebade eller overbrusning, når de holdes på ude-arealer om sommeren, samt krav om skyggefaciliteter, hvilket kan være vanskeligere at tilgodese, når grisene flyttes hyppigt. Også for malkekvæg er der lovgivningsmæssige krav om skyggefaciliteter, hvilket kan være sværere at opfylde ved hyppig flytning mellem arealer.

Der er ikke samme krav til kødkvægsracer. Kødkvæg kan derfor opleve udfordringer i forhold til varmestress, hvis de i regenerativt økologisk landbrug holdes på mere åbne arealer uden træer eller anden skygge (Hagenmaier et al., 2016). Skygge beskytter også mod insektbelastning. Effekten af insektbelastning på dyrevelfærd er ikke undersøgt hos kvæg, svin eller fjerkræ. Dog viser heste tegn på stress, hvis de holdes i områder med stor insektbelastning og ikke har mulighed for at søge væk (Christensen et al., 2022). Det samme er sandsynligvis gældende for andre arter af pattedyr, som angribes af bidende eller stikkende insekter.

På kolde og våde dage søger både kvæg, grise og fjerkræ ly og læ. På arealer med naturlig bevoksning af træer og buske kan dette hjælpe til med at skærme dyrene mod vejret, men på åbne arealer er det

nødvendigt at give adgang til skure eller halvtage, hvilket kan være vanskeligere i regenerativt økologisk landbrug, hvor dyrene flyttes hyppigere. Her kan mobile vogne fungere som en løsning.

Liggeadfærd har stor værdi for kvæg (Jensen et al., 2004), og undersøgelser viser, at kvæg foretrækker at ligge på et tørt græsunderlag fremfor at ligge i en konventionel sengebås (Legrand et al., 2009). Det kan dermed forventes, at kvæg udelukkende holdt på græs har øget velfærd, såfremt der på arealet findes tørre områder, hvilket er lettere at tilgodese i et regenerativt økologisk system med hyppig flytning. Er fødemængden lav, kan behovet for at ligge under drøvtygning blive kompromitteret, fordi kvæg i så fald bruger en større del af deres tidsbudget på at græsse. Fødemængden har derfor betydning for, i hvor høj grad regenerativt landbrug bidrager positivt til velfærden (O'Driscoll et al., 2019).

Referencer

- Bracke, M. B. M. (2011). Review of wallowing in pigs: Description of the behaviour and its motivational basis. *Applied Animal Behaviour Science*, 132(1-2), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.01.002>
- Buijs, S., Keeling, L. J., & Tuytens, F. A. M. (2011). Using motivation to feed as a way to assess the importance of space for broiler chickens. *Animal Behaviour*, 81(1), 145-151. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2010.09.027>
- Campbell, D. L. M., Hinch, G. N., Downing, J. A., & Lee, C. (2016). Fear and coping styles of outdoor-preferring, moderate-outdoor and indoor-preferring free-range laying hens. *Applied Animal Behaviour Science*, 185, 73-77. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.09.004>
- Chen, J. M., Stull, C. L., Ledgerwood, D. N., & Tucker, C. B. (2017). Muddy conditions reduce hygiene and lying time in dairy cattle and increase time spent on concrete. *Journal of Dairy Science*, 100(3), 2090-2103. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11972>
- Chidgey, K. L. (2023). Review: Space allowance for growing pigs: animal welfare, performance and on-farm practicality. *Animal*, 100890. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100890>
- Christensen, J. W., Strøm, C. G., Nicová, K., de Gaillard, C. L., Sandøe, P., & Skovgård, H. (2022). Insect-repelling behaviour in horses in relation to insect prevalence and access to shelters. *Applied Animal Behaviour Science*, 247. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105560>
- Coton, J., Guinebretière, M., Guesdon, V., Chiron, G., Mindus, C., Laravoire, A., Pauthier, G., Balaine, L., Descamps, M., Bignon, L., Huneau-Salaün, A., & Michel, V. (2019). Feather pecking in laying hens housed in free-range or furnished-cage systems on French farms. *British Poultry Science*, 60(6), 617-627. <https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1639137>
- Delsart, M., Pol, F., Dufour, B., Rose, N., & Fablet, C. (2020). Pig Farming in Alternative Systems: Strengths and Challenges in Terms of Animal Welfare, Biosecurity, Animal Health and Pork Safety. *Agriculture*, 10(7), 261. <https://doi.org/10.3390/agriculture10070261>
- Desbruslais, A., Wealleans, A., Gonzalez-Sanchez, D., & di Benedetto, M. (2021). Dietary fibre in laying hens: a review of effects on performance, gut health and feather pecking. *World's Poultry Science Journal*, 77(4), 797-823. <https://doi.org/10.1080/00439339.2021.1960236>
- Eriksen, J., Studnitz, M., Strudsholm, K., Kongsted, A. G., & Hermansen, J. E. (2006). Effect of nose ringing and stocking rate of pregnant and lactating outdoor sows on exploratory behaviour, grass cover and nutrient loss potential. *Livestock Science*, 104(1-2), 91-102. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.03.008>
- Fenster, T. L. D., LaCanne, C. E., Pecenka, J. R., Schmid, R. B., Bredeson, M. M., Busenitz, K. M., Michels, A. M., Welch, K. D., & Lundgren, J. G. (2021). Defining and validating regenerative farm systems using a composite of ranked agricultural practices. *F1000Research*, 10, 115. <https://doi.org/10.12688/f1000research.28450.1>
- Friman, J., Verbeek, E., Sannö, A., & Åkerfeldt, M. P. (2024). Inclusion of silage in diets to fattening pigs: effect on gastric ulcers and skin lesions. *Animal*, 18(1), 101045. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.101045>
- Gong, Q.-L., Chen, Y., Tian, T., Wen, X., Li, D., Song, Y.-H., Wang, Q., Du, R., & Zhang, X.-X. (2021). Prevalence of bovine tuberculosis in dairy cattle in China during 2010-2019: A systematic review and meta-

analysis. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 15(6), e0009502. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009502>

Gosnell, H., Gill, N., & Voyer, M. (2019). Transformational adaptation on the farm: Processes of change and persistence in transitions to 'climate-smart' regenerative agriculture. *Global Environmental Change*, 59, 101965. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.101965>

Hagenmaier, J. A., Reinhardt, C. D., Bartle, S. J., & Thomson, D. U. (2016). Effect of shade on animal welfare, growth performance, and carcass characteristics in large pens of beef cattle fed a beta agonist in a commercial feedlot. *Journal of Animal Science*, 94(12), 5064–5076. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0935>

Hargreaves-Méndez, M. J., & Hötzel, M. J. (2023). A systematic review on whether regenerative agriculture improves animal welfare: A qualitative analysis with a One Welfare perspective. *Animal Welfare*, 32, e36. <https://doi.org/10.1017/awf.2023.28>

Hernández-Jover, M., Schemann, K., East, I. J., & Toribio, J.-A. L. M. L. (2015). Evaluating the risk of avian influenza introduction and spread among poultry exhibition flocks in Australia. *Preventive Veterinary Medicine*, 118(1), 128–141. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.11.018>

Ingvorsen, B., & Jensen, S. K. (2024). Regler for økologisk ægproduktion.

Jakobsen, M., Schild, S.-L. A., Kongsted, A. G., & Andersen, H. M.-L. (2017). Inclusion of poplar trees in pasture-based pig systems to reduce the heat load of lactating sows dur. *Proceedings of the 7th International Conference on the Assessment of Animal Welfare at the Farm and Group Level*, 58.

Jensen, M. B., Munksgaard, L., Pedersen, L. J., Ladewig, J., & Matthews, L. (2004). Prior deprivation and reward duration affect the demand function for rest in dairy heifers. *Applied Animal Behaviour Science*, 88(1–2), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.02.019>

Jensen, M. B., Pedersen, L. J., Theil, P. K., Yde, C. C., & Bach Knudsen, K. E. (2012). Feeding motivation and plasma metabolites in pregnant sows fed diets rich in dietary fiber either once or twice daily. *Journal of Animal Science*, 90(6), 1910–1919. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3289>

Knierim, U. (2006). Animal welfare aspects of outdoor runs for laying hens: a review. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 54(2), 133–145. [https://doi.org/10.1016/S1573-5214\(06\)80017-5](https://doi.org/10.1016/S1573-5214(06)80017-5)

Larsen, M. L. V., Andersen, H. M.-L., & Pedersen, L. J. (2018). Which is the most preventive measure against tail damage in finisher pigs: tail docking, straw provision or lowered stocking density? *Animal*, 12(6), 1260–1267. <https://doi.org/10.1017/S175173111700249X>

Legrand, A. L., von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D. M. (2009). Preference and usage of pasture versus free-stall housing by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 92(8), 3651–3658. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1733>

Lindberg, J. E. (2014). Fiber effects in nutrition and gut health in pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5(1), 15. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-15>

MacKay, J. R. D., Haskell, M. J., Deag, J. M., & van Reenen, K. (2014). Fear responses to novelty in testing environments are related to day-to-day activity in the home environment in dairy cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 152, 7–16. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.12.008>

McLellan, K. J., Weary, D. M., & von Keyserlingk, M. A. G. (2022). Effects of free-choice pasture access on lameness recovery and behavior of lame dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 105(8), 6845–6857. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21042>

- Mee, J., & Boyle, L. (2020). Assessing whether dairy cow welfare is “better” in pasture-based than in confinement-based management systems. *New Zealand Veterinary Journal*, 68(3), 168–177. <https://doi.org/10.1080/00480169.2020.1721034>
- Mellor, D., & Beausoleil, N. (2015). Extending the ‘Five Domains’ model for animal welfare assessment to incorporate positive welfare states. *Animal Welfare*, 24(3), 241–253. <https://doi.org/10.7120/09627286.24.3.241>
- Mós, J. V. do N., Nascimento, S. T., Murata, L. S., dos Santos, V. M., Neto, A. J. S., de Oliveira, E. M., da Silva Lisboa, Á., & de Freitas Silva, L. (2020). Thermal comfort of sows in free-range system in Brazilian Savanna. *Journal of Thermal Biology*, 88, 102489. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.102489>
- O’Driscoll, K., Lewis, E., & Kennedy, E. (2019). Effect of feed allowance at pasture on the lying behaviour of dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 213, 40–46. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.02.002>
- Pietrosemoli, S., & Green, J. T. (2018). Pasture systems for pigs (pp. 151–202). <https://doi.org/10.19103/AS.2017.0013.21>
- Rinehart, L., & Morris, J. (2022). Paddock Design, Fencing, Water Systems, and Livestock Movement Strategies for Multi-Paddock Grazing. <https://attra.ncat.org/publication/paddock-design-fencing-water-systems-and-livestock-movement-strategies-for-multi-paddock-grazing/>
- Sanchez-Casanova, R., Sarmiento-Franco, L., Segura-Correa, J., & Phillips, C. J. C. (2019). Effects of Outdoor Access and Indoor Stocking Density on Behaviour and Stress in Broilers in the Subhumid Tropics. *Animals*, 9(12), 1016. <https://doi.org/10.3390/ani9121016>
- Schütz, K. E., Rogers, A. R., Cox, N. R., Webster, J. R., & Tucker, C. B. (2011). Dairy cattle prefer shade over sprinklers: Effects on behavior and physiology. *Journal of Dairy Science*, 94(1), 273–283. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3608>
- Studnitz, M., Jensen, M. B., & Pedersen, L. J. (2007). Why do pigs root and in what will they root? *Applied Animal Behaviour Science*, 107(3–4), 183–197. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.11.013>
- Teixeira, D. L., Pinheiro Machado Filho, L. C., Hötzel, M. J., & Enríquez-Hidalgo, D. (2017). Effects of instantaneous stocking rate, paddock shape and fence with electric shock on dairy cows’ behaviour. *Livestock Science*, 198, 170–173. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.01.007>
- Tozawa, A., Tanaka, S., & Sato, S. (2016). The Effects of Components of Grazing System on Welfare of Fattening Pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 29(3), 428–435. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0190>

6.7 Samlet vurdering af effekterne ved en implementering af de fem principper for regenerativt landbrug i økologisk landbrug på Klima, Miljø og Biodiversitet

Forfatter: Johannes Ravn Jørgensen (AU-AGRO)

Det er svært og måske ikke muligt at kvantificere de forventede effekter ved implementeringen af de fem regenerative principper i økologisk landbrug pga. den store variation i bedriftstyperne i de eksisterende økologiske landbrug. Dette bliver ikke mindre kompliceret af, at de fem principper allerede vil være mere eller mindre integreret i den nuværende dyrkningspraksis.

Integrering af regenerativt landbrug i det eksisterende økologiske landbrug baseret på de fem principper viser dog potentiale for positive effekter på klima, miljø og biodiversitet. Effekterne varierer afhængigt af bedriftstyper, lokale forhold, implementeringsmetoder og graden af princippernes anvendelse i forvejen. Nedenfor opsummeres de i kapitel 6.1-6.5 beskrevne overordnede effekter samt eksisterende kvantificeringer og videnskuller.

Minimal Forstyrrelse af jorden

Klima: Reduceret jordbearbejdning kan føre til øget kulstoflagring i jordens overfladelag og mindske CO₂-udledning gennem lavere brændstofforbrug, estimeret til op til 0,1 ton CO₂-ækvivalenter pr. hektar pr. år. Effekten på det samlede jordkulstoflager er dog begrænset, da kulstoffet primært omfordeles i jordprofilen. Effekterne på lattergas (N₂O) og metan (CH₄) er ikke entydige og kræver yderligere forskning.

Miljø: Minimal jordbearbejdning reducerer risikoen for erosion og partikelbåret fosfortab. Dog kan der i nogle tilfælde observeres øget udvaskning af opløst fosfor. Effekten på nitratudvaskning er varierende og afhænger af afgrødeetablering og næringsstoffhåndtering.

Biodiversitet: Mindre jordforstyrrelse fremmer jordbundsfauna som regnorme, mikroorganismer og muligvis også visse invertebrater, hvilket forbedrer jordens sundhed og funktionalitet. Positive effekter på overjordiske arter er også observeret, men resultaterne varierer mellem studier.

Levende Plantedække året rundt

Klima: Kontinuerligt plantedække øger tilførslen af organisk materiale til jorden og kan dermed fremme kulstoflagring. Derudover mindskes risikoen for N₂O-emissioner ved reduceret kvælstofudvaskning. Dog kan nedbrydning af øget biomasse potentielt øge kortsigtede drivhusgasemissioner, hvilket gør nettoeffekten usikker.

Miljø: Kontinuerligt plantedække reducerer erosion samt udvaskning af kvælstof og fosfor, især når ikke-kvælstoffikserende arter anvendes. Bælgplanter kan tilføre ekstra kvælstof, men dermed risikeres også øget udvaskning, hvis ikke kombineret med passende arter og management.

Biodiversitet. Et konstant plantedække skaber levesteder og fødekilder for en bred vifte af organismer, herunder insekter, fugle og jordbundsorganismer. Diversiteten af plantearter i dækafgrøder kan yderligere styrke økosystemets resiliens og funktionalitet.

Maksimal artsdiversitet

Klima. Øget artsdiversitet i afgrødesystemer kan forbedre kulstoflagringen via arternes forskellige rod-systemer og biomasseproduktion. Samspejlet mellem forskellige arter kan også optimere næringsstof-udnyttelsen og reducere behovet for eksterne input, men konkrete kvantificeringer mangler.

Miljø. Diversitet blandt afgrøder mindsker risikoen for epidemiske skadedyrsangreb og sygdomme, hvilket reducerer behovet for kontrol. Det bidrager også til bedre jordstruktur og øget næringsstofcyklning, hvilket mindsker udvaskning og forurening.

Biodiversitet. Høj artsdiversitet fremmer et rigt og stabilt økosystem ved at tilbyde forskellige levesteder og ressourcer for en bred vifte af organismer. Dette styrker økosystemtjenester som bestøvning, naturlig skadedyrskontrol og jordfrugtbarhed.

Integration af husdyr og planteavl

Klima. Integrering af husdyr kan bidrage til økosystemtjenester gennem bedre udnyttelse af biomasse og gødning. Roterende græsning og dyrenes påvirkning af vegetationen kan forbedre kulstofbinding, men metanudledninger fra drøvtyggere kan modvirke disse fordele, hvilket gør nettoeffekten kompleks og situationsafhængig.

Miljø. Denne integration forbedrer næringsstofcyklingen ved at recirkulere næringsstoffer lokalt, hvilket reducerer behovet for kunstgødning og mindsker risikoen for næringsstofftab til vandmiljøet. Overgræsning og dårligt management kan dog føre til erosion og forurening.

Biodiversitet. Husdyr kan skabe varierede levesteder gennem deres græsningsmønstre, hvilket fremmer plante- og dyrediversitet. Varieret vegetation og jordforhold skabt af dyrenes tilstedeværelse understøtter et rigt økosystem.

Recirkulering af ressourcer

Klima. Effektiv recirkulering af organiske materialer som kompost og gødning kan øge jordens kulstofindhold og reducere behovet for energikrævende syntetiske input, hvilket mindsker samlede drivhusgasemissioner. Præcise estimater er dog begrænsede.

Miljø. Recirkulering mindsker spild og tab af næringsstoffer ved effektiv udnyttelse af lokale ressourcer.

Biodiversitet. Berigelse af jorden med organiske materialer understøtter et sundt mikrobielt samfund og skaber gunstige betingelser for en bred vifte af planter og dyr, hvilket styrker økosystemets overordnede sundhed.

Kvantificering og manglende viden

Kvantificeringen af de konkrete effekter af regenerativt jordbrug er udfordret af manglende ensartede studier og variationer i lokale forhold. Mens enkelte estimater, såsom reduktionen på op til 0,1 ton CO₂-ækvivalenter pr. hektar pr. år ved minimal jordbearbejdning, eksisterer, er der behov for flere langvarige og kontekstspecifikke studier for at opnå præcise målinger af klima-, miljø- og biodiversitetseffekter.

Specifikke videnshuller inkluderer:

- Langsigtede effekter af kombinationen af flere principper på tværs af forskellige bedriftstyper og jordtyper.
- Nettoeffekten på drivhusgasemissioner, især hvad angår N₂O og CH₄ under forskellige managementpraksisser.
- Optimal arts- og afgrødesammensætning for maksimal kulstoflagring og biodiversitetsfremme.
- Effektiv integrationsstrategi mellem husdyr og planteavl, der balancerer produktivitet og miljøpåvirkning.

For at adressere disse videnshuller er der behov for omfattende forskning, inklusive feltforsøg og modeleringsstudier, samt tværfaglige tilgange, der involverer landmænd, forskere og beslutningstagere.

7 Barrierer og støtteordninger

Forfattere: Martin Hvarregaard Thorsøe og Tommy Dalgaard (AU_AGRO); Birgit Ingvorsen og Ivana Trkulja (ICOEL)

Nærværende kapitel fokuserer dels på de barrierer, som landbrugere oplever i forbindelse med implementeringen af regenerativt jordbrug i praksis (afsnit 7.1), og dels de regler og styringsmidler, der er implementeret i forhold til at understøtte udbredelsen af en regenerativ dyrkningspraksis (afsnit 7.2-7.5), og afsluttes med en kort sammenfatning (afsnit 7.6).

7.1 Barrierer

De fem regenerative principper tager udgangspunkt i et agronomiske perspektiv for at forbedre jordbrug i den bredeste forstand. Det er imidlertid vigtigt at understrege, som også anført i afsnit 1.2.2, at det også er indlejret i en bestemt social kontekst, som har stor indflydelse på mulighederne og implikationerne af at arbejde med de regenerative principper som producent. I forlængelse af Geels og Schot (2007) kan konteksten blandt andet forstås som: 1) de kompetencer den enkelte jordbruger besidder, samt den viden og forskning, der understøtter implementeringen af de regenerative principper og praksis; 2) markedet for landbrugsvarer, der gennem prissætning kan være med til enten at hæmme eller fremme jordbrug, der arbejder med regenerative principper; 3) opfattelsen af de regenerative praksisser, herunder om en implementering giver anledning til anerkendelse blandt kollegaer og i lokalsamfund; 4) om der er nødvendig teknologi og kvalificeret arbejdskraft tilgængelig til implementering af regenerative praksisser og 5) muligheder og barrierer. Disse forhold er alle systemiske og griber derfor ind i hinanden. Et godt grundlag for at arbejde med de regenerative principper forudsætter derfor koordinering og samklang blandt de fem elementer.

Internationale analyser af omlægningsdynamikker blandt landbrugere i sammenlignelige områder, der adopterer en regenerativ praksis, viser, at regenerativt landbrug ikke er en veldefineret størrelse med en fælles vision eller et aftalt sæt praksisser eller principper. Derimod repræsenterer det ifølge Beacham et al. (2023) en mellemposition, der forsøger at forene en række forskellige strømninger. De udfordringer som landbrugere, der forsøger at adoptere regenerativt landbrug, oplever, er således også forskelligartede. I det følgende har vi forsøgt at skabe et overblik over nogle af de væsentligste.

Der er endnu ikke lavet en systematisk opsamling af de barrierer, som landbrugere oplever i forhold til implementeringen af regenerativt landbrug, men et nyligt afsluttet europæisk projekt, der har fokuseret på grundlaget for den agroøkologiske transition, samler konklusionerne fra en række europæiske lande indenfor et sammenligneligt felt, se tabel 6.1. Samlet set varierer kompetencerne til en agroøkologisk omstilling en hel del på tværs af de forskellige europæiske lande. I nogle af de nordvesteuropæiske lande vurderes de forskellige aspekter af kompetencerne at være veludviklede, især i Danmark, Norge

og Holland, mens de generelt vurderes at være noget mindre udviklede i andre dele, især i en række nordøsteuropæiske lande, samt på Cypern og i Tyrkiet.

En nærmere analyse af landene viser derudover en række tilbagevendende temaer (Thorsøe et al. 2022a). For det første er kapacitetsopbygning inden for agroøkologi vidensintensiv snarere end inputintensiv, og de nuværende erhvervsuddannelser og rådgivningstjenester opfylder ofte ikke de specifikke behov i forbindelse med agroøkologisk omstilling og særligt yngre landbrugeres interesser, som derfor henvender sig til små og uformelle netværk for at få viden. For det andet varierer landbrugsrådgivningstjenesterne betydeligt, idet de i Vesteuropa primært er private eller kooperativt organiserede, og således er indrettet på at opfylde nuværende landbrugeres behov. I Østeuropa er rådgivningstjenester derimod statsdrevne og har fokus på produktivitet. Endelig er der en bemærkelsesværdig mangel på systemtænkning, samarbejde og institutionel støtte til agroøkologi, hvilket fører til en følelse af udelukkelse blandt konventionelle landbrugere og hindrer markedsmuligheder og kompetenceudvikling inden for agroøkologisk praksis.

Udover de nævnte udfordringer er det væsentligt, at regenerativt jordbrug har en stor genklang hos landbrugere, både i Danmark, men også globalt (Burns, 2021; Gordon et al. 2022). I og med at begrebet er udviklet blandt praktikere, er det derfor et begreb, der kan være med til at motivere landbrugere til en ændring i deres dyrkningspraksis i en mere bæredygtig retning.

Tabel 7.1 Svar på spørgsmålet: "Hvordan vil du betegne status for de følgende elementer vedrørende agroøkologi i dit land?" undersøgelsen er gennemført i regi af det europæiske forskningsprojekt All-Ready (for yderligere information se Thorsøe et al. 2022).

		Uddannelse af jordbrugere på landbrugsskoler	Teknologisk infrastruktur i landbrugssektoren	Videns-netværk blandt landmænd	Rådgivningsservice	Tilgængelige ressourcer til uddannelse af landmænd	Grupper til erfaringsudveksling	Andet
NW Europa	Belgien							
	Danmark							
	Finland							
	Tyskland							
	Island							
	Irland							
	Luxembourg							
	Norge							
	Holland							

	Storbritannien							
NE Europa	Tjerkiet							
	Estland							
	Ungarn							
	Letland							
	Lithauen							
	Polen							
	Slovakiet							
S Europa	Cypern							
	Frankrig							
	Lichtenstein							
	Serbien							
	Schweiz							
	Tyrkiet							
	Gennemsnit							

Meget veludviklet	Udviklet	Neutral	Nogenlunde udviklet	Slet ikke udviklet	Ingen data
-------------------	----------	---------	---------------------	--------------------	------------

7.2 Regler og muliggørende betingelser

I følgende sektion ses nærmere på, hvordan regenerativt jordbrug indgår i den danske landbrugslovgivning samt i støtteordninger. Generelt set er der et godt sammenfald mellem de regenerative principper og en række af de overordnede mål for den europæiske landbrugs- og miljøpolitik, herunder særligt at gøre en indsats mod klimaforandringerne (SO4), at fremme effektiv forvaltning af naturressourcer (SO5) og at sikre dynamiske landdistrikter (SO6) (Manshanden et al. 2023). I forhold til den Europæiske Grønne Pagt er den vigtigste målsætning at arbejde mod EU som et klimaneutralt kontinent i 2050. Dette overordnede mål falder i forlængelse af en integreret tilgang, der sigter mod at nedbringe overskuddet af næringsstoffer, pesticider og antimikrobielle inputs (Farm2Fork strategy), samt at bevare biodiversiteten (Biodiversitets strategien). Disse overordnede målsætninger indeholder imidlertid ikke nogen bindende initiativer, der skal indføres af de individuelle medlemslande.

Med udgangspunkt i Bemelmans-Videc et al. (2011) skelner vi mellem tre forskellige styringsmidler, der på hver sin måde er implementeret med henblik på politisk at fremme en ændring i adfærd. Regler betegner de begrænsninger, der gennemføres via kontrol og straf med henblik på at forhindre eller påbyde en bestemt praksis (Bemelmans-Videc et al. 2011). Støtteordninger og markedsbaserede initiativer virker gennem økonomiske incitament, der giver landbrugere en økonomisk fordel ved at optage en bestemt praksis. Information, henviser til brugen af kommunikation, uddannelse samt overtalelse med henblik på ændring i adfærd og er især central i forbindelse med aspekter, hvor det er manglen på viden, der afholder landbrugere fra at gennemføre en bestemt praksis. Disse strategier kan bruges individuelt eller i kombination, afhængigt af målene og konteksten for politikken eller adfærdscædringsinitiativet. Effektiviteten af hver strategi kan variere baseret på målgruppen og den specifikke adfærd, den er målrettet mod. Tabel 6.2, viser et overblik over danske ordninger, der har indflydelse på principperne for regenerativt landbrug.

Tabel 7.2 Implementeringen af styringsmidler i Danmark, der har indflydelse på principperne for regenerativt landbrug (GLM 1: Opretholdelse af permanent græs, GLM 4: Anlæggelse af bræmmer, GLM 6: Krav om minimum jorddække, GLM 7: Krav om afgrøderotation og GLM 9: Krav om beskyttelse af permanente græsarealer i Natura 2000-områder). (Thorsøe et al. 2021; LBST 2024a; 2024b).

	Minimal forstyrrelse af jorden	Jorddække	Levende rødder året rundt	Maksimal diversitet	Integration af planteavl og husdyrhold
Regulative styringsmidler	GLM 1; GLM 6; GLM 9 Forbud mod jordbearbejdning for forårssåede afgrøder i sårbare perioder	GLM 1; GLM 4; GLM 6; GLM 9 Krav om pligtige- og husdyrefterafgrøder (10-14 %). Forbud mod jordbearbejdning for forårssåede afgrøder i sårbare perioder	GLM 1; GLM 6	GLM 7	Krav om maksimal udbringning af 170 kg/N pr. ha.
Støtte- og markedsbaserede ordninger	Bioordning: Eks-tensivering med slæt; Miljø og klimavenligt græs	Bioordning: Eks-tensivering med slæt; Miljø og klimavenligt græs	Bioordning: Eks-tensivering med slæt; Miljø og klimavenligt græs	Bioordning: Vari-eret plantepro- duktion	
Information	Rådgivning via rådgivningstje- nester	Rådgivning via rådgivningstje- nester	Rådgivning via rådgivningstje- nester	Rådgivning via rådgivningstje- nester	Rådgivning via rådgiv- ningstjenester

7.3 Regulative styringsmidler

I den nuværende CAP-plan arbejdes der, i tilknytning til Den Fælleseuropæiske Landbrugspolitik (CAP'en), med en række initiativer, der hver især har en direkte indflydelse på principperne for regenerativt landbrug, herunder kravene for God Landbrugs- og Miljømæssig stand (GLM), særligt GLM 1, 4, 6, 7 og 9-kravene er skitseret nedenfor, for yderligere information se: Thorsøe et al. (2021) og vejledning eller kontrolinstruks om konditionalitet 2024 (LBST 2024a). Omfanget af øvrige GLM-krav vurderes ikke at have stor indflydelse på principperne for regenerativt landbrug.

- GLM 1 sikrer vedligehold af areal med permanent græs i hele landet. I medfør af GLM 1 indføres der imidlertid udelukkende regulering, hvis der sker et fald i andelen af permanent græs.
- GLM 4 indeholder et forbud mod jordbehandling, gødskning, sprøjtning med plantebeskyttelsesmidler samt dyrkning af andre afgrøder end græs eller andet grøntfoder i en zone på 3 meter langs åbne naturlige vandløb, og søer, som også er omfattet af krav om 2 meter bræmmer efter lov om vandløb for hele landet.
- GLM 6 er et krav om jorddække, der har til formål at forebygge bar jord i efteråret og om vinteren, hvor der er størst risiko for næringsstofudvaskning, jorderosion og tab af organisk stof. Kravet gælder som udgangspunkt for alle landbrugere, men planteskoler og arealer, hvor der er høstet kartofler det seneste år, er helt undtaget fra kravet. Derudover gælder kravet ikke for arealer med omdriftsgræs eller permanent græs. Der stilles ikke krav til typen af jorddække, som kan opfylde kravet. Jorddækket kan f.eks. være vintersæd, efterafgrøder, brak, lavskov, stub, planterester eller spildkorn. Der må gerne omlægges til en anden afgrøde til enhver tid inden for perioden, hvor der er krav om jorddække. I så fald skal der udsås nyt plantedække senest fire uger efter jordbearbejdning, der fjerner jorddække. Dog undtages arealer, der er certificeret økologiske, under omlægning til økologi, og arealer der i hele kalenderåret dyrkes uden brug af pesticider.
- GLM 7 omfatter et krav om afgrøderotation på bedriftsniveau, gældende på alle omdriftsarealer, med undtagelse af arealer med flerårige afgrøder, græs og andet grøntfoder og brak, samt for økologiske arealer for hele landet.
- GLM 9 indeholder et forbud mod omlægning eller pløjning af permanente græsarealer, der er udpeget som miljøfølsomme arealer i Natura 2000-områder gældende for hele landet.

Udover disse nævnte krav indeholder GLM 5 også et pløjeforbud på jorderosionsfølsomme områder, der dog ikke omfatter et stort areal og derudover virker beskyttende og således ikke direkte regenerativt. Det bør understreges at GLM kravene er en forudsætning for at modtage den fulde landbrugsstøtte, og de enkelte jordejere har således et stærkt incitament til at følge kravene, men jordejere, der ikke modtager fuld landbrugsstøtte, er ikke omfattet.

Udover disse faste krav findes en række krav til håndtering og udbringning af husdyrgødning, samt forhindring af næringsstof tabet, der har en betydning for principperne for regenerativt landbrug, se tabel 6.2. Herunder forbud mod jordbearbejdning for forårssåede afgrøder i sårbare perioder (om vinteren når risikoen for udvaskning af kvælstof er højest), krav om pligtige- og husdyrefterafgrøder (10,7-14,7 % plus husdyrefterafgrøder der afhænger af oplandet), samt krav om maksimal udbringning af 170 kg N fra organisk gødning pr. ha. Kravene til næringsstofhåndtering svarer i vid udstrækning til situationen i en række andre nordeuropæiske lande, omend det må bemærkes, at implementeringen i en række lande ikke lever op til de politiske målsætninger (Thorsøe et al. 2022b).

7.4 Støtte- og markedsbaserede ordninger

Der findes ikke i dansk regi ordninger, der decideret er målrettet optaget af de regenerative principper, men enkelte af de eksisterende ordninger under den danske CAP-plan, der udmønter EU's landbrugsstøtte, støtter praksisser, der delvist overlapper med principperne (LBST, 2024b). Det drejer sig blandt andet om bioordningerne for ekstensivering med slæt (ekstensivering med slæt lukkes fra 2025, samtidig med at den en ny ordning til permanent ekstensivering udbydes), miljø og klimavenligt græs, samt varieret planteproduktion. I forhold til den nye ordning til permanent ekstensivering er der et forbud mod al jordbearbejdning, hvorimod regenerativt landbrug arbejder med "minimal jordbehandling". Så ordningen til permanent ekstensivering vurderes umiddelbart ikke at være et relevant redskab ift. at støtte regenerativt landbrug. Generelt er bioordningerne éttårige støtteordninger, der via et arealtilskud giver et incitament til implementeringen af en række praksisser, der blandt andet fremmer jordsundheden. Ekstensivering med slæt fremmer eksempelvis ekstensiv drift af omdriftsarealer på lavbundsjorder. Bioordningen for miljø- og klimavenligt græs sigter mod at øge kulstofopbygningen, forbedre jordens frugtbarhed og øge biodiversiteten i jordbundsfaunaen i Danmark gennem en udsættelse af omlægningen af græsmarker. Bioordningen for varieret planteproduktion understøtter en varieret afgrødesammensætning og dyrkningen af bestemte omdriftsafgrøder, særligt afgrøder, der kan bruges til fødevarer til mennesker og proteinafgrøder.

Engangskompensation er en ny 5-årig tilsagnsordning under den danske CAP-plan 2023. Engangskompensation afløser ordningen under landdistriktsprogrammet med 20-årige tilsagn om tilskud til fastholdelse af vådområder, naturlige vandstandsforhold og lavbundsområder. Der kan søges engangskompensation for arealer, som indgår i et vand- og klimaprojekt. De vigtigste betingelser under ordningen er, at arealerne skal henligge som græs- eller naturarealer, og at bestemmelserne i den servitut, som er blevet tinglyst i forbindelse med projektet, overholdes.

Permanent ekstensivering er en ny støtteordning, som forventes at åbne til efteråret. Permanent Ekstensivering har til formål at støtte udtagning af landbrugsjord mhp. at reducere påvirkning af klimaet, mindske kvælstofudledningen samt fremme biodiversiteten.

Antallet, kompleksiteten og fokus for EU's bioordninger og de frivillige ordninger under søjle II varierer betydeligt på tværs af landene (Runge et al. 2022). Det er således vanskeligt direkte at sammenligne disse støtte ordninger 1:1.

Markedsbaserede ordninger

I de senere år har der været et fokus på at sikre værdisætningen af økosystem tjenester gennem certificering og labelling, eksempelvis af kulstoflagring på landbrugsarealer. På EU-plan er der således igangsat en række initiativer omkring udviklingen og godkendelsen af certificeringsværktøjer for kulstofindlejring, der kan sikre landbrugere en betaling for kulstofindlejring (Carbon Farming) (Munkholm et al. 2024). En række private aktører har allerede etableret sig på markedet, typisk med en forretningsmodel der tager udgangspunkt i at få landbrugere til at implementere praksisser, der indlejrer kulstof

og dermed kan tjene penge på salg af certifikater, der dokumenterer den reducerede udledning/udledningsreduktion. Der er stor forskel på initiativer støttet af disse private aktører i forhold til forskellige kvalitetskriterier, f.eks. om støtte udbetales på baggrund af resultatet af aktiviteterne (resultatbaserede) eller gennemførelse af aktiviteten i sig selv (aktivitetsbaseret), samt hvilke overvågnings-, rapporterings- og verifikationsystemer (MRV) der anvendes til kvantificering af de opnåede emissionsreduktioner og kulstofindlejring.

I forhold til en markedsdrevet udvikling af regenerativt jordbrug og herunder også i forhold til kulstofindlejring er det væsentligt at kvantificere den effekt, som praksis har på dyrkningsjorden med henblik på udstedelse af certifikater. For at fremme denne proces vedtog EU kommissionen i foråret 2024 en certificeringsramme for indlejring af kulstof på omdriftsarealer, Carbon Farming og kulstofindlejring i produkter (CRCF) med henblik på at harmonisere systemer for Monitorering, Rapportering og Verifikation (MRV) for kulstofindlejring og dermed tilskynde til et øget optag af praksisser, der indlejrer kulstof i jorden og reducerer emissioner fra landbrugsjorden. En væsentlig udfordring særligt i forhold til det regenerative jordbrug er imidlertid, at der ikke er en entydig forståelse af, hvad regenerativ praksis er. Det er derfor vanskeligt præcis at dokumentere, hvilke økosystemtjenester regenerativt jordbrug medfører og derfor også vanskeligt at håndtere i en certificeringssammenhæng.

I regi af de store fødevarer virksomheder ses regenerativt landbrug også i en central rolle fremadrettet og blandt andet Nestlé, Unilever og Mars arbejder mod i stigende grad at basere en del af deres indkøb på produkter, der er produceret efter regenerative principper. I Danmark har Carlsberg eksempelvis også valgt at satse på regenerativt landbrug som en vej til at sænke klimaaftrykket i værdikæden og samtidig sikre biodiversiteten. Bryggeriet har således vedtaget, at 30 procent af bryggeriets råvarer skal komme fra regenerative landbrug i 2030, og at dette i 2040 skal stige til 100 procent (Carlsberg 2023). Allerede i dag indgår DLG (og måske andre virksomheder) kontrakter om "regenerativt dyrket" af eksempelvis maltbyg ud fra kriterierne: minimal jordbearbejdning, ingen brug af insekticider og mindre brug af handelsgødning. Arlas Sustainability Incentive Model er et andet eksempel, hvor landmændene belønnes, alt efter om de opfylder en række kriterier, der hver især påvirker deres afregningspris. Afgræsning, kontinuerligt plantedække, flerårige afgrøder, permanent græs, jordprøver og monitorering af jordsundheden er eksempler på elementer, der værdisættes i modellen (Arla, 2024). Der er altså flere danske eksempler, der på forskellige måder viser, hvordan man kan arbejde med de regenerative principper i værdikæden. Det er imidlertid væsentligt at understrege, at markedsføring af et produkt, som angives dyrket efter regenerative principper forudsætter entydige regler/retningslinjer, certificering og kontrol.

Udover disse eksempler fra de store værdikæder findes der i Danmark en række mindre økologiske og ikke-økologiske (ikke-certificerede) bedrifter, der arbejder med implementeringen af de regenerative principper blandt andet i regi af Foreningen for Regenerativt Jordbrug (FRJ, 2024). Foreningen har også etableret en privat uddannelsesinstitution, der udbyder en grunduddannelse i regenerativt jordbrug. Disse bedrifter er ofte baseret på direkte salg via abonnementsordning eller gårdbutik, hvilket sikrer en højere afregningspris for produkterne og på denne baggrund skaber grundlaget for en bæredygtig

forretningsmodel. Små bedrifter med direkte salg er dog arbejdstids/-kraftkrævende og dermed svære at opskalere, da markedsrelationen er betinget af et personligt kendskab til producenten. Det kan sammenlignes med opstarten af den økologiske landbrugsproduktion, hvor mekanisering og stordrift har udkonkurreret de fleste mindre producenter.

Fælles for alle disse initiativer og lignende initiativer fra udlandet er imidlertid, at der er tale om forholdsvis nyopstartede initiativer. Der er således ikke opbygget et stort erfaringsgrundlag, der kan trækkes på. Samtidigt er det vigtigt at understrege at der er tale om en meget forskelligartet aktualisering af de regenerative principper. Hvorvidt de enkelte initiativer således er tilstrækkelige for at opfylde de fem regenerative principper, er således en diskussion der forudsætter en grundigere analyse af de enkelte initiativer samt den konkrete implementering som initiativerne giver anledning til.

7.5 Information

I Danmark allokeres der ikke midler til privat rådgivning i regenerativ jordforvaltning i regi af CAP-planen, rådgivning i forskellige miljøforbedrende praksisser er dog en komponent i flere andre nordeuropæiske lande (Thorsøe et al. 2022b). Rådgivning kan dog tilkøbes frivilligt. Rådgivningsvirksomhederne i Danmark arbejder i høj grad ud fra et forretningspotentiale for de enkelte landbrugere. Det er således ofte rettet mod aspekter af landbrugsbedrifterne, der direkte har implikationer for driftsøkonomien. Er der, eller er der udsigt til, en forretningsmodel og merpris på produktet, så bliver der også et bedre grundlag for at inddrage dette i tilbud om rådgivning på bedrifterne. Som eksempel kan nævnes udvikling af økologirådgivning, som i høj grad understøtter produktionen på mange områder. Det er en certificeret produktion med klare – og komplekse – regler. En støtteordning forsøger at fremme udviklingen, men det er i langt højere grad markedet, som styrer udviklingen i det økologiske landbrug.

7.6 Sammenfatning

Kapitlet har givet en oversigt over status for de barrierer, som landbrugere oplever i forbindelse med implementeringen af regenerativt jordbrug i praksis og dels de styringsmidler, der er implementeret i forhold til at understøtte udbredelsen af en regenerativ dyrkningspraksis. Analysen viser, at særligt en del af de gældende GLM krav, samt andre direktivfastsatte krav delvist overlapper med de fem principper for regenerativt jordbrug. Der er imidlertid ikke tale om et integreret fokus på regenerativt landbrug men støtte til bestemte praksisser, der hver især kan bidrage til en regenerativ dyrkningspraksis. Nogle aspekter af regenerativ praksis er i højere grad end andre understøttet i den nuværende regulering og støtteordninger i forhold til landbruget, eksempelvis sikring af jorddække ved hjælp af efterafgrøder eller pløjeforbud, mens andre aspekter er mindre fremtrædende, herunder integration af plantevl og husdyr. Det er dog væsentligt her at understrege, at ingen af disse regler eller ordninger er udviklet specifikt med fokus på at sikre grundlaget for regenerativt landbrug. Generelt gør den manglende entydighed i begrebet det svært præcist at udvikle ordninger, der kan understøtte landmændenes praksis, og samtidig er det også besværligt at udvikle markedsbaserede løsninger i værdikæderne.

Referencer

- Beacham, J. D., Jackson, P., Jaworski, C. C., Krzywoszynska, A., & Dicks, L. V. (2023). Contextualising farmer perspectives on regenerative agriculture: A post-productivist future?. *Journal of Rural Studies*, 102, 103100.
- Bemelmans-Vidéc, M. L., Rist, R. C., & Vedung, E. O. (Eds.). (2011). *Carrots, sticks, and sermons: Policy instruments and their evaluation* (Vol. 1). Transaction Publishers.
- Brask, M.; Sloth, K. Flysjö, A. og Bligaard, H. (2024) The Arla Sustainability Incentive model, Arla Foods, <https://www.tilmeld.dk/agrifoodclimatecircle/download-zip?data=347242>
- Burns, E. A. (2021). Regenerative Agriculture: Farmer motivation, environment and climate improvement. *Policy Quarterly*, 17(3).
- Carlsberg (2023) CARLSBERG GROUP ENVIRONMENTAL, SOCIAL & GOVERNANCE REPORT 2023, <https://www.carlsberggroup.com/media/bg1cmygx/carlsberg-group-2023-esg-report.pdf>
- European Commission, 2024. REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing a Union certification framework for permanent carbon removals, carbon farming and carbon storage in products. 2022/0394 (COD) final. https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2014_2019/plmrep/COMMITTEES/ENVI/DV/2024/03-11/Item9-Provisionalagreement-CFCR_2022-0394COD_EN.pdf
- FRJ (2024) Foreningen for Regenerativt Jordbrug, <https://regenerativ.dk/>
- Geels, F. W., & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research policy*, 36(3), 399-417.
- Gordon, E., Davila, F., & Riedy, C. (2022). Transforming landscapes and mindscapes through regenerative agriculture. *Agriculture and Human Values*, 39(2), 809-826.
- LBST (2024a) INSTRUKS FOR KONDITIONALITET – 2024: Miljø, Landbrugsstyrelsen. https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Tvaergaende/Kontrol/Instruks_for_konditionalitet_2024_-_miljoe.pdf
- LBST (2024b) Oversigt over åbning af ansøgningsrunder i Landbrugsstyrelsen 2024, Landbrugsstyrelsen, https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Selvbetjening/Oversigt_over_LBST_s_tilskudsordninger_i_2024.pdf
- Manshanden, M., Jellema, A., Sukkel, W., Jongeneel, R., Alho, C. B. V., de Miguel Garcia, A., ... & Geerling-Eiff, F. (2023). *Regenerative agriculture in Europe: An overview paper on the state of knowledge and innovation in Europe* (No. 2023-058). Wageningen Economic Research.
- Munkholm et al. (2024) Redegørelse og vurdering af metoder der benyttes til beregning af landbrugets udledninger, DCA rådgivningsnotat, under udarbejdelse, forventet afslutning Juni 2024.
- Runge, T., Latacz-Lohmann, U., Schaller, L., Todorova, K., Daugbjerg, C., Termansen, M., ... & Velazquez, F. J. B. (2022). Implementation of eco-schemes in fifteen European Union Member States. *Euro-Choices*, 21(2), 19-27.
- Thorsøe, M. H., Graversgaard, M., Kjeldsen, C., Odgaard, M. V., & Dalgaard, T. (2021). Strategisk Miljøvurdering af CAP-plan 2023-2027: Miljøvurderingsrapport.

Thorsøe, M. H., Berg, T. R., Iversen, S. V., De Notaris, C., & Trkulja, I. (2022a). Drivers of agroecology transition. https://pure.au.dk/ws/portalfiles/portal/361342637/D2.3_Report_on_drivers_of_agroecology_transition_September_2022_v2_ren.pdf

Thorsøe, M. H., Andersen, M. S., Brady, M. V., Graversgaard, M., Kilis, E., Pedersen, A. B., ... & Valve, H. (2022b). Promise and performance of agricultural nutrient management policy: Lessons from the Baltic Sea. *Ambio*, 57(1), 36-50.

8 Konklusion og perspektiver

Forfattere: Johannes Ravn Jørgensen (AU-AGRO), Hanne Lakkenborg Kristensen (AU-FOOD), Tommy Dalgaard (AU-AGRO) og Jon Aagaard Enni (ICOEL)

Definitionen af regenerativt landbrug er ikke entydig men kontekstafhængig. I videnssynesen har vi søgt at definere regenerativt landbrug, både som begreb, historisk, i Danmark og internationalt. Som det fremgår af kapitel 2, er det langt fra entydigt, hvordan regenerativt landbrug defineres. Vi har i henhold til bestillingen søgt at definere regenerativt landbrug i en kontekst af relevans for dansk økologisk landbrug.

Økologisk regenerativt landbrug repræsenterer en tilgang til en landbrugspraksis, der sigter mod at genoprette og forbedre økosystemer gennem bæredygtige og holistiske metoder. Ved at kombinere principperne fra både økologisk landbrug og regenerativt landbrug kan landbrugere potentielt opnå en række miljø-, natur- og klimamæssige fordele, såsom forbedret jordkvalitet, øget biodiversitet og en reduktion i drivhusgasudledninger. Denne tilgang understøttes af en voksende anerkendelse af, at konventionelle landbrugsmetoder ofte fører til jordforringelse, tab af biodiversitet og negative miljø- og klimapåvirkninger.

Det regenerative økologiske landbrug fokuserer på centrale principper som minimal jordforstyrrelse, opretholdelse af jorrdække året rundt, integration af husdyrhold og planteavl, maksimal udnyttelse af biodiversitet og recirkulering af ressourcer. Disse metoder sigter ikke kun mod at opretholde en bæredygtig produktion, men også mod at skabe et positivt samspil med det omgivende miljø ved aktivt at genopbygge jordens sundhed og økosystemernes funktioner.

Økologisk regenerativt landbrug har potentiale til at blive en central strategi i fremtidens landbrugsudvikling, især i lyset af de stigende globale udfordringer som klimaforandringer, jordforringelse og fødevarerikkerhed. Hypotesen er, at man via implementering af regenerative praksisser i økologiske systemer kan skabe en mere robust og modstandsdygtig fødevarerproduktion, der både leverer sunde afgrøder og opretholder de naturlige ressourcer for kommende generationer. Dog er der stadig usikkerhed omkring produktivetsniveauet og effekterne på miljø, klima og biodiversitet. Hvad er den optimale sammensætning af disse systemer, herunder hvilke afgrøder og animalske produkter skal der produceres, og hvilken betydning har det for forarbejdning og afsætning? Som det fremgår af denne rapport, er der en markant mangel på viden om samspillet mellem agronomi, organismer og stofkredsløb i regenerative landbrugssystemer for mange forskellige typer af afgrøder og husdyr. Der er således behov for vidensbaseret udvikling af regenerative landbrugssystemer og dokumentation af effekter for miljø, klima og biodiversitet.

Udbredelse af økologisk regenerativt landbrug står over for flere dyrkningsmæssige udfordringer, herunder ukrudtsbekæmpelse, næringsstofhåndtering og håndtering af biodiversitet i forhold til produktionen. Ukrudtsbekæmpelse kræver ved økologisk dyrkning en kombination af mekanisk bearbejdning,

dækafgrøder og sædskifte, hvilket kan være arbejdskrævende og kræve ekstra ressourcer. Håndtering af næringsstoffer er en anden udfordring, da økologiske metoder skal sikre tilstrækkelig jordfrugtbarhed gennem husdyrgødning, kompost, grønne gødninger og præcis afgrøderotation. Samtidig skal næringsstoffab via udvaskning, erosion, drivhusgasser og andre emissioner til miljøet minimeres. Det er dog usikkert om økologisk regenerativt landbrug vil bidrage til en reduktion i udledning af drivhusgasser. Endelig kan opretholdelsen af biodiversitet på økologiske bedrifter være kompleks, da det kræver en balance mellem økonomisk rentabilitet og bæredygtighedsprincipper.

Estimatet for udbredelsen af regenerative praksistiltag i dansk økologisk landbrug er baseret på begrænsede data, hvilket gør det vanskeligt at vurdere præcist, hvor udbredte disse tiltag er. Specielt blandt hobbylandbrug, som udgør en stor del af de økologiske bedrifter i Danmark, er der betydelig variation i anvendelsen af regenerative principper. Minimal jordforstyrrelse og forebyggelse af skadelig jordpakning er ikke udbredte, da disse ofte må vige for bl.a. logistiske hensyn. Målsætningen om levende plantedække året rundt begrænses af faktorer som afgrødevalg og jordens beskaffenhed, og potentialet for at udvide dette princip er begrænset. Der er dog mulighed for øget diversificering af efterafgrøder og græsmarksblandinger, selvom mange landmænd ikke udnytter dette potentiale fuldt ud. Integration af husdyr og planteavl, herunder holistisk afgræsning, er sjældent, og recirkulering af ressourcer, som konventionel gylle og kompost, er underlagt stramme regler, der begrænser deres anvendelse. Samlet set er der betydeligt potentiale for at fremme regenerative praksistiltag i dansk økologi, men dette kræver yderligere forskning, rådgivning og justering af eksisterende rammer.

Princippet om integration af husdyr og planteavl i økologisk regenerativt landbrug kan blive udfordret i en fremtid, hvor fokus flytter sig til satsning på plantebaserede fødevarer, hvor der vil være flere dyrkningsarealer uden dyr samt rene planteavlsbedrifter. I en fremtid, hvor der ikke er nok husdyr til jævnligt at græsse og rode i dyrkningsarealerne, kan et muligt svar være at benytte bioraffinering og biogas til at udtrække værdistoffer og energi og returnere næringsstoffer til planteavlen, suppleret med kompost og andre forbehandlede, plantebaserede gødninger (f.eks. ved ensilering).

En vigtig udfordring for udbredelsen af økologisk regenerativt landbrug er at skabe en bredere forståelse og accept af disse metoder blandt landbrugere, politikere og forbrugere. Der er behov for yderligere forskning og formidling for at dokumentere de langsigtede agroøkologiske fordele ved disse praksisser og for at sikre, at de bliver økonomisk levedygtige for landbrugerne. Samtidig kan politiske incitamenter og støtteordninger være afgørende for at fremme overgangen til regenerativt landbrug i større skala.

I en global kontekst, hvor klima- og miljøkriser kræver hurtige og effektive løsninger, står økologisk regenerativt landbrug som en lovende tilgang, der kan bidrage til at opfylde både miljømæssige og sociale mål. Dette kræver dog en integreret indsats, hvor forskning, praksis og politik arbejder sammen for at realisere potentialet af økologisk regenerativt landbrug. Dette kan vise vejen for en ny tilgang for økologiske landbrug i Danmark, hvor produktion og naturnær landbrugsdrift går hånd i hånd, og hvor landbruget spiller en aktiv rolle i at imødegå klimaforandringer og biodiversitetskrise, og samtidig gør landbrugsproduktionen mere klimarobust og bæredygtig.

9 Sammendrag

Forfatter: Johannes Ravn Jørgensen (AU-AGRO)

Vidensyntesen har til formål at undersøge integrationen af regenerative principper i økologisk landbrug i Danmark. Dette gøres i lyset af den voksende interesse for bæredygtige landbrugsmetoder, der kan adressere udfordringer som klimaforandringer, jordforringelse og tab af biodiversitet. Vidensyntesen samler og strukturerer eksisterende viden om de miljømæssige, økonomiske og praktiske implikationer ved at indføre regenerative landbrugsmetoder i en økologisk kontekst.

Vidensyntesen er en udløber af Folketingets aftale om grøn omstilling af dansk landbrug i 2021. Metodemæssigt bygger vidensyntesen på data fra både videnskabelig litteratur og praktiske erfaringer. Det overordnede mål er at skabe et vidensgrundlag, der kan støtte den fortsatte diskussion og udvikling af bæredygtige landbrugspraksisser i Danmark. Syntesen omfatter både danske og internationale perspektiver og har særligt fokus på, hvordan regenerative metoder kan integreres i økologisk landbrug.

Regenerativt landbrug fokuserer som begreb på genopbygning af agro-økosystemer med særlig vægt på jordens sundhed og kulstoflagring. Det adskiller sig fra økologisk landbrug ved ikke at være certificeret og ved at operere uden en fast defineret ramme. Begrebet er blevet bredt anvendt og tilpasses forskellige landbrugssystemer, fra biodynamisk landbrug til Conservation Agriculture (pløjefri dyrkning). På trods af denne brede anvendelse mangler der stadig en præcis og ensartet definition, hvilket kan skabe udfordringer for både praksis og regulering.

Tankerne og principperne bag regenerativt landbrug har rødder tilbage til forskellige landbrugspraksisser, herunder Rudolf Steiners biodynamiske principper fra 1924. Udviklingen af regenerative metoder har haft som mål at reducere landbrugets miljø- og klimapåvirkning samt at mindske afhængigheden af syntetiske hjælpestoffer. Der er mange forskellige retninger inden for regenerativt landbrug, som varierer i deres tilgang til jordbearbejdning, økologisk versus konventionel landbrugsproduktion med brug af syntetisk gødning og pesticider, men fælles er en stræben efter at gøre landbruget mere bæredygtigt.

Datagrundlaget for at vurdere udbredelsen af regenerative praksistiltag i dansk økologisk landbrug er begrænset, hvilket gør præcise estimater udfordrende. Skøn over udbredelsen kompliceres af, at en stor del af de økologiske bedrifter i Danmark er hobbybrug. Forskellige regenerative principper, som minimal jordforstyrrelse, levende plantedække året rundt, maksimal artsdiversitet, integration af husdyr og planteavl samt recirkulering af ressourcer, anvendes i varierende grad. Dog er reduceret jordbearbejdning og forebyggelse af jordpakning ikke udbredt, da logistiske hensyn ofte prioriteres højere. Levende plantedække året rundt er begrænset af afgrødevalg, ukrudtsstrategier og jordtyper. Der er potentiale for øget diversificering af efterafgrøder og græsmarksblandinger, men mange økologiske landmænd udnytter ikke dette fuldt ud. Integration af husdyr og planteavl, især holistisk afgræsning, er sjælden. Brugen af konventionel gødning er tilladt i begrænset omfang, mens anvendelsen af kompost er

hæmmet af fosforloftet. Overordnet set er der betydeligt potentiale for at fremme regenerativ praksis i dansk økologi, men dette kræver yderligere forskning og rådgivning.

Videnssynthesen går i dybden med de centrale principper for regenerativt landbrug og deres implementering i økologisk landbrug i Danmark. Disse principper inkluderer minimal forstyrrelse af joden, levende plantedække året rundt, stor artsdiversitet, integration af husdyr og planteavl samt recirkulering af ressourcer. Hvert princip er gennemgået med hensyn til deres potentielle effekter på klima, miljø og biodiversitet.

Implementeringen af de fem regenerative principper i økologisk landbrug viser potentiale for positive effekter på klima, miljø og biodiversitet, men de præcise effekter er vanskelige at kvantificere på grund af stor variation i bedriftstyper og nuværende praksis. Minimal jordforstyrrelse kan reducere CO₂-udledning og fremme biodiversitet i jorden, men effekterne på lattergas og metan er usikre. Kontinuerligt plantedække mindsker erosion og næringsstofftab, men nettoeffekten på drivhusgasser er uklar. Øget artsdiversitet kan forbedre kulstoflagring og reducere behovet for eksterne input, mens integration af husdyr og planteavl kan fremme kulstofbinding, men også øge metanudledning. Recirkulering af ressourcer kan reducere behovet for syntetiske input og styrke jordens sundhed. Dog er der behov for mere forskning for at forstå de langsigtede og specifikke effekter af disse principper, herunder kombinationer af praksis og drivhusgasemissioner.

En væsentlig del af rapporten er dedikeret til at identificere de barrierer, som landmænd kan møde ved implementeringen af regenerative metoder, samt de støtteordninger, der kan fremme denne overgang. Barrierer kan omfatte økonomiske risici, manglende viden eller tilpasning af eksisterende produktionssystemer. Samtidig kan støtteordninger, både regulative og økonomiske, spille en central rolle i at lette overgangen til regenerativt landbrug.

Videnssynthesen konkluderer, at der er betydelige potentialer forbundet med integrationen af regenerative principper i økologisk landbrug, herunder forbedret jordkvalitet, øget biodiversitet og reduceret klimapåvirkning. Samtidig peges der på behovet for yderligere forskning og udvikling af klare definitioner og reguleringer for at sikre en effektiv og konsistent implementering. Der er også et behov for at fremme vidensdeling og uddannelse blandt landmænd for at overkomme de identificerede barrierer.

Rapporten understreger, at selvom regenerative metoder byder på store potentialer, er der stadig mange udfordringer, der skal tackles for at sikre en bred og succesfuld implementering af regenerative principper i økologisk landbrug.

Om DCA

DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug er den faglige indgang til jordbrugs- og fødevarerforskningen ved Aarhus Universitet.

Centret omfatter institutter og forskningsmiljøer, der har aktiviteter på jordbrugs- og fødevarerområdet. Det er primært Institut for Agroøkologi, Institut for Husdyrvidenskab, Institut for Fødevarer, Center for Kvantitativ Genetik og Genomforskning samt dele af Institut for Ingeniørvidenskab.

Aktiviteterne i DCA understøttes af en centerenhed, der varetager og koordinerer opgaver omkring myndighedsbetjening, erhvervs- og sektorsamarbejde, internationalt samarbejde og kommunikation.

Forskningsresultater fra DCA

Resultater fra forskningen publiceres i internationale, videnskabelige tidsskrifter. Publikationerne kan findes via universitets publikationsdatabase (pure.au.dk).

DCA rapporter

DCA's rapportserie formidler hovedsageligt myndighedsrådgivning fra DCA til Miljø- og Fødevareministeriet. Der kan også udgives rapporter, som formidler viden fra forskningssaktiviteter. Rapporterne kan frit hentes på centrets hjemmeside: dca.au.dk.

Nyhedsbreve

DCA udsender et nyhedsbrev, der løbende orienterer om jordbrugs- og fødevarerforskningen og herunder om nye forskningsresultater, rådgivning, uddannelse, arrangementer og andre aktiviteter. Det er gratis at tilmelde sig nyhedsbrevet, og det kan ske på dca.au.dk.



RESUME

Vidensyntesen er bestilt af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri som en udløber af Folketingets aftale om grøn omstilling af dansk landbrug i 2021. Metodemæssigt bygger vidensyntesen på data fra både videnskabelig litteratur og praktiske erfaringer. Det overordnede mål er at skabe et vidensgrundlag, der kan støtte den fortsatte diskussion og udvikling af bæredygtige landbrugspraksisser i Danmark. Syntesen omfatter både danske og internationale perspektiver og har særligt fokus på, hvordan regenerative metoder kan integreres i økologisk landbrug.

Vidensyntesen går i dybden med de centrale principper for regenerativt landbrug og deres implementering i økologisk landbrug i Danmark. Disse principper inkluderer minimal forstyrrelse af joden, levende plantedække året rundt, stor artsdiversitet, integration af husdyr og planteavl samt recirkulering af ressourcer. Hvert princip er gennemgået med hensyn til deres potentielle effekter på klima, miljø og biodiversitet.

