

Økt økologisk bærekraft

- Utfordringer og muligheter for økologisk landbruk

NORSØK RAPPORT | VOL. 8 | NR. 8 | 2023



TITTEL

Økt økologisk bærekraft - Utfordringer og muligheter for økologisk landbruk

FORFATTERE(E)

Sissel Hansen, Grete Lene Serikstad og Ildri Kristine (Rose) Bergslid

DATO:	RAPPORT NR.		PROSJEKT NR.:
03.06.2024	8/8/2023	Åpen	6141
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER:	ANTALL VEDLEGG:
978-82-8202-176-0		60	

OPPDRAAGSGIVER:

NORSØK

KONTAKTPERSON NORSØK:

Sissel Hansen

STIKKORD:

Økologisk bærekraft, økologisk landbruk

Environmental sustainability, organic agriculture

FAGOMRÅDE:

Økologisk landbruk

Organic agriculture

SAMMENDRAG:

Menneskeheten står overfor store utfordringer, bla. global oppvarming og tap av naturmangfold og artenes leveområder. Rapporten omhandler noen aspekter ved økologisk bærekraft hvor økologisk landbruk har hatt en spydspiss-funksjon for alt landbruk siden driftsformen ble etablert for rundt 100 år siden. I denne rapporten defineres økologisk som «sertifisert økologisk driftsform». Det som ofte kalles konvensjonelt landbruk, har vi kalt ikke-økologisk i den betydning at det ikke er sertifisert som økologisk landbruk. Dette fordi det er veldig mange ulike måter å drive landbruk på som bare har det til felles at de godkjenner bruk av kunstgjødsel og kjemisk/syntetiske plantevernmidler. Noen har forsiktig bruk av disse innsatsmidlene og tar i bruk mange av de agronomiske metodene som også anbefales i økologisk landbruk, mens andre driver svært intensivt.

Framover bør økologisk landbruk fortsatt være en spydspiss. Ved videreutvikling av driftsformen er det nødvendig å holde fast på de fire prinsippene for økologisk landbruk. Rapporten omfatter også områder hvor økologisk landbruk trenger å videreutvikles, bla. innenfor plantenes næringsforsyning, global oppvarming, produksjon og forbruk av energi og mulige tiltak for dette. Til slutt diskuterer vi hva som trengs for å få en økologisk bærekraftig utvikling av driftsformen.

I rapporten defineres bærekraftig utvikling slik: «Bærekraftig utvikling er en utvikling som imøtekommer dagens behov uten å forringe mulighetene for kommende generasjoner til å få dekket sine behov» (Verdenskommisjonen for miljø og utvikling 1987).

Et viktig utgangspunkt for driftsformen, som nå kalles økologisk landbruk på norsk, var ønske om god jordfruktbarhet. Dette medførte blant annet at mineralsk nitrogen gjødsel og kjemisk/syntetiske sprøytemidler ikke ble tatt i bruk. Jordfruktbarhet som i dag inngår som en del av det som ofte omtales som jordhelse er fortsatt viktig for dem som driver økologisk. Tilførsel av organisk materiale, redusert kjørebeklastning, levende plantedekke og vekstskifte er viktige tiltak innen økologisk landbruk for å fremme jordhelse. De fleste studiene som sammenligner jordhelse ved økologisk og ikke-økologisk driftsform finner at det er mer mikrobiell biomasse og biologisk aktivitet i jorda, og at innholdet av jordkarbon er høyere ved økologisk drift. Ved bruk av tiltak for god jordhelse også i ikke-økologisk drift blir noen av forskjellene mellom driftsformene redusert.

Det er ikke tillatt å bruke kjemisk/syntetiske sprøytemidler i økologisk drift. Bruk av slike midler, bla. mot ugras, sopp og insekter, eller som vekstregulering, utgjør en viktig forskjell mellom ikke-økologisk og økologisk landbruk. Rester av disse midlene finnes igjen i vann, jord og luft. Blant annet fant JOVA-programmet 78 ulike midler i 10 norske nedbørsfelt. Flere undersøkelser har påvist direkte og indirekte skadelige effekter på organismer som lever i vann, jord og luft, f.eks. ferskvannstanglopper, fugler, flaggermus, mus, frosk, bier, biller og andre jordorganismer. Vekstskifte, fravær av kjemisk/syntetiske sprøytemidler og begrensning av nitrogen gjødsling i økologisk landbruk gir også grunnlag for et stort biologisk mangfold. Undersøkelser viser at det jevnt over blir observert flere individer og arter av fugler, insekter, edderkopper og planter i økologisk sammenlignet med i ikke-økologisk drift. Det er størst forskjell mellom de to driftsmetodene i intensive åkerlandskap.

Begrensninger på import av gjødsel og fôr gjør at det gjennomgående tilføres mindre næring i økologisk enn i ikke-økologisk landbruk. God agronomi som sikrer god utnyttning av tilført næring, er derfor avgjørende for å kunne få gode avlinger. Undersøkelser viser at næringsstoffeffektiviteten på husdyrbruk som regel er bedre ved økologisk drift, mens det ofte er motsatt ved dyrking av ettårige vekster som korn.

For å sikre en fortsatt bærekraftig utvikling må økologisk landbruk ta nye grep for å møte dagens økologiske utfordringer. Næringsforsyning, global oppvarming, produksjon og forbruk av energi og matforsyning er områder hvor det er viktig å tenke nytt på grunn av globale, nasjonale og lokale utfordringer knyttet til disse områdene. Det er et mål å resirkulere næringsstoff fra storsamfunnet tilbake som gjødsel, men dette er utfordrende blant annet på grunn av risiko for innhold av uønskede stoffer, «nisser på lasset». Mange som driver økologisk landbruk bruker husdyrgjødsel fra ikke-økologisk landbruk. Fortsatt avhengighet av slik gjødsel vil true driftsformens troverdighet. Biologisk nitrogenbinding, vekstskifte og fangvekster og god husdyrgjødselhandtering er viktige nøkler for å redusere behovet for slik gjødselimport. Det er viktig med mer arbeid for å sikre en økologisk forsvarlig resirkulering av næring fra samfunnet, inkludert restråstoff fra havet. Struvitt er et interessant produkt som utvinnes i kloakkrensingsanlegg og er nylig godkjent for bruk i økologisk produksjon. Det er imidlertid et mineralsk produkt, uten organisk materiale.

Dersom økologisk landbruk skal være et alternativ som bidrar til bærekraftig utvikling, må vi ta klimaforandringene på alvor. Lave utslipp av klimagasser per produsert enhet og vedlikehold av

innholdet av karbon i jorda er nødvendig. Samtidig må driftsformen være motstandsdyktig mot kraftig regn og tørke.

Undersøkelser på gårder som driver økologisk melkeproduksjon viser at det er stor variasjon i energibruk og energiintensitet mellom gårdene, noe som tyder på at lavere energibruk er mulig på mange gårder. Ved å erstatte fossil energi med fornybar energi kan det fossile avtrykket reduseres. Imidlertid har all energiproduksjon negative miljøeffekter.

De store økonomiske utfordringene og tidspresset som alt landbruk er preget av, påvirker også de som ønsker å drive økologisk. For å oppnå økt økologisk bærekraft trenger vi et økologisk landbruk som videreutvikles på en realistisk gjennomførbart måte ut fra forsvarlig ressursforvaltning, biodiversitet, klima og miljø, og i en retning som understøtter økologiske systemer og kretsløpsprinsipper. En landbrukspolitikk som stimulerer til dette vil gjøre det enklere å sikre at det økologiske landbruket utvikler seg i en økologisk, mer bærekraftig retning. Det trengs også gode agronomer, dyktige husdyrbrukere og folk som er villige til å gå foran, tenke nytt og gå dypt inn i agronomien, økologien og økonomien.

SUMMARY:

Increasing environmental sustainability - Challenges and opportunities for organic farming

Humanity is facing considerable challenges, including global warming and habitat and biodiversity loss. This report deals with certain aspects of environmental sustainability related to organic farming, which has acted as a spearhead for environmental developments in all agriculture since the farming method was established about 100 years ago. In this report, the term 'organic' refers to 'certified organic farming'. Instead of the commonly used term 'conventional' agriculture, we use 'non-organic', in the sense that the farming methods are not certified as organic farming. The rationale for this choice is that there are a variety of different farming systems that only have in common that they approve the use of mineral fertilizers and chemical/synthetic pesticides. While some of these systems use such inputs carefully and apply many of the agronomic methods also recommended in organic farming, others operate very intensively in terms of fertilizer and pesticide use.

Organic farming should continue to be a spearhead of agricultural development. When further developing organic farming, it is necessary to observe its four principles. The report also discusses areas that organic farming needs to address. Such issues include the supply of plant nutrients, climate change mitigation and adaptation, as well as energy production and consumption. Finally, the report discusses how to ensure an environmentally sustainable development of organic farming.

In this report, sustainable development is defined as follows: "Sustainable development is a development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (World Commission on Environment and Development 1987).

Maintaining soil fertility was one of the central issues in the establishment of what nowadays is called organic farming. One of the consequences thereof was that mineral nitrogen fertilizers and chemical/synthetic pesticides were not used. Soil fertility, which nowadays is part of the broader concept of soil health, is still important for organic farmers. Important measures used in organic farming to promote soil health include adding organic matter, reducing traffic-induced soil compaction, maintaining plant cover and rotating crops. Most of the studies comparing soil health in organic and non-organic farming find higher soil microbial biomass, biological activity and carbon content in organic farming. However, when measures aimed at improving soil health are also used in non-organic farming, some of the differences between the farming methods are reduced.

Organic farming does not permit the use of chemical/synthetic pesticides. The use of such substances, e.g., to control weeds, fungi and insects, or to regulate plant growth, represents one of the main differences between non-organic and organic farming. Residues of such compounds are found in water, the soil and in the air. Among its many results, the Agricultural Environmental Monitoring Programme (JOVA) found 78 different substances in 10 catchments throughout Norway. Several studies have shown directly and indirectly harmful effects on organisms that live in water, soil and air, including freshwater shrimps, birds, bats, mice, frogs, bees, beetles and other soil organisms. Crop rotation, the absence of chemical/synthetic pesticides and limited nitrogen inputs in organic farming also contribute to preserving biodiversity. Studies show that more specimens and species of birds, insects, spiders and plants are generally observed on organic than on non-organic farms. This difference between the two farming methods is most pronounced in intensively cropped landscapes.

Due to restrictions on the use of off-farm inputs such as fertilizer and feed, less nutrients are generally applied in organic than in non-organic farming. Sound agronomic practices that efficiently utilize the applied nutrients are therefore crucial in maintaining high yields. Studies show that nutrient efficiency on livestock farms is usually better on organic than on non-organic farms, whereas the opposite is often found in arable cropping.

To ensure continued sustainable development, organic farming must take new steps to meet today's environmental challenges. Innovations are needed regarding the global, national and local challenges related to the supply of plant nutrients, climate change, energy production and consumption as well as food security. For example, nutrients in human and industrial waste should be recycled and re-used as fertilizer. However, this is challenging due to, among other things, the risk of contamination from undesirable substances. Numerous organic farmers use manure from non-organic farms. Continued dependence on non-organic farms will threaten the credibility of organic farming systems. However, the reliance on nutrient import can be reduced by improved utilization of biological nitrogen fixation, crop rotation, catch crops and good manure management. Increased efforts are needed to ensure the ecologically sound recycling of waste nutrients, including marine waste and byproducts. Struvite is a promising product that is extracted in sewage treatment plants and has recently been approved for use in organic production. However, it is a mineral product, without any organic matter.

If organic farming should continue to be a spearhead for sustainable development, climate change must be taken seriously. This implies that emissions of greenhouse gases per unit produced must be kept low and soil carbon contents high. At the same time, organic farming must adapt to the changing climate, e.g., by being resistant to extreme rainfall and droughts.

Studies on organic dairy farms show considerable variation in energy use and energy intensity between farms, thus indicating that many farms have the potential to reduce their energy consumption. Replacing fossil fuels with renewable energy can help to reduce the carbon footprint. However, all forms of energy production have some negative environmental impact.

All farmers are currently facing financial pressure and are constantly pressed for time. These constraints also affect those who wish to farm organically. To achieve increased environmental sustainability, organic agriculture needs to be further developed in a way that can be realistically implemented. Such a development must be based on sound resource management and take aspects of biodiversity, climate and the environment into consideration. Finally, any such development must aim at supporting ecological systems and the principles of circular economy. An agricultural policy that facilitates such a development will make it easier to ensure that organic agriculture stays abreast with the challenges of our times, and continues to be an ecological and sustainable alternative. There is also a need for skilled crop and livestock farmers, horticulturists, etc. In general, we need people who are one step ahead, innovative and willing to dig deep into topics like agronomy, ecology and economy.

LAND: NORGE

FYLKE: MØRE OG ROMSDAL

KOMMUNE: TINGVOLL

GODKJENT

Turid Strøm

NAVN

PROSEKTLER

Sissel Hansen

NAVN

Forord

Hvorfor skrive en rapport om økt bærekraft i økologisk landbruk? Etter mer enn 25 års arbeid med å utvikle økologisk landbruk, ser NORSØK behovet for å løfte blikket, hvor er driftsformen på vei? Hva har økologisk landbruk lyktes med og hvor trengs det å tenke nytt? Klarer praksis og regelverk å holde fast ved visjonene og målene for driftsformen i en tid hvor effektiviseringskravet øker og miljøutfordringene i landbruket stadig bli mer påtrengende?

I rapporten blir noen sider ved økologisk bærekraft omtalt, som en inspirasjon til å arbeide videre med temaet. Det er imidlertid viktig å diskutere mange flere aspekter ved økologisk bærekraft enn det vi har gjort i denne rapporten. Vi har hatt begrenset med ressurser til denne rapporten, og det har vært nødvendig å avgrense problemstillingene. Eksempler på viktige aspekter som vi ikke har tatt med er bruk av torv i planteoppal, fosforproblematikk, bruk av plast og jordarbeidingsstrategi.

Klimatilpasning og motstandskraft mot global oppvarming vil bli stadig viktigere for alt jordbruk. Dette er viktige faktorer for videreutvikling av økologisk landbruk, men de er ikke omtalt i denne rapporten. Rapporten omhandler heller ikke matforsyning, matvaresikkerhet eller uønskede stoffer i mat og effekt av disse på menneskers helse. Husdyrhold og dyrevelferd eller de mange aspekter av sosial bærekraft som er viktig for videreutvikling av det økologiske landbruket blir heller ikke diskutert.

Arbeid for økt økologisk bærekraft er bare en bit av gårdbrukernes hverdag. De er også helt avhengige av en god økonomi og en levelig arbeidssituasjon. Økonomi påvirker i stor grad gårdbrukerens mulighet til å ta valg som øker gårdens økologiske bærekraft, men er heller ikke en del av denne rapporten.

I arbeidet vårt har vi forholdt oss til sertifisert økologisk landbruk. Vi har valgt å bruke begrepet ikke-økologisk om andre former for landbruk, som ofte omtales som konvensjonelt landbruk. Begrepet konvensjonelt landbruk er ikke definert, og det er stor variasjon blant gårder som drives konvensjonelt.

Rapporten bygger på nasjonal og internasjonal forskning, offentlige regelverk og plandokument og innspill fra forskere og rådgivere som har jobbet med temaene bærekraft og økologisk landbruk. Deler av innholdet i rapporten ble også presentert i foredraget «Økologisk bærekraft og økologisk landbruk, to sider av samme sak?» på Landbrukets økologikongress 2023. Innlegget ble framført av Sissel Hansen, men de to andre forfatterne av denne rapporten var også med på forarbeidet til foredraget. Ildri (Rose) Bergslid har redigert rapporten og Biotext ved Karl Kerner har oversatt sammendrag til engelsk.

Tingvoll, 03.06.24

Sissel Hansen

Innhold

1. Innledning.....	3
1 Estimering av økologisk bærekraft.....	5
1.1 Metodiske utfordringer.....	7
2 Prinsipper, definisjon og regelverk for økologisk landbruk	8
2.1 Regelverk for økologisk landbruk.....	8
3 Hvor har økologisk landbruk gått foran i mer økologisk bærekraft?.....	9
3.1 Sammenligninger mellom økologisk og ikke-økologisk landbruk.....	9
3.2 Økologisk landbruks spydspissfunksjon	10
3.3 Jord og jordliv.....	11
3.4 Nitrogenhusholdning og utslipp av klimagassen lystgass	13
3.4.1 Lystgass (N ₂ O)	15
3.5 Plantervern.....	17
3.5.1 Forurensning i vann	17
3.5.2 Funn i drikkevann	18
3.5.3 Kjemiske sprøytemidler i luft.....	18
3.5.4 Virkning på andre organismer	18
3.5.5 Virkning på jordorganismer	19
3.5.6 Utvikling av resistens mot kjemiske sprøytemidler	20
3.5.7 Andre negative virkninger	20
3.6 Biologisk mangfold.....	20
4 Hvor trenger vi å tenke nytt?	23
4.1 Plantenes næringsforsyning.....	23
4.1.1 Tilbakeføring av næringsstoff fra samfunnet	24
4.1.2 Gårdens egen husdyrgjødsel	27
4.1.3 Kompostering.....	31
4.1.4 Grønnmasse.....	31
4.1.5 Biologisk nitrogenbinding	33
4.1.6 Gjødsel fra havet.....	35
4.2 Global oppvarming.....	36
4.2.1 Utslipp av klimagasser	37
4.2.2 Metan	38
4.2.3 Lystgass.....	39
4.2.4 Karbonlagring.....	40
4.3 Produksjon og forbruk av energi.....	41
5 Utvikling av økologisk landbruk i Norge.....	43
5.2 Hva kan vi lære av Østerrike?	44
5.2.1 Mangel på bønder – en stor trussel mot økt økologisk bærekraft.....	46
6 Oppsummering.....	47
7 Referanser	48

1. Innledning

Menneskeheten står overfor store utfordringer globalt, regionalt og lokalt, det gjelder bla. global oppvarming og tap av naturmangfold og artenes leveområder. Utarming av biologisk mangfold i kulturlandskapet, et stadig større overskudd av biologisk aktivt nitrogen på grunn av store mengder nitrogengjødsling og kombinasjonen av fosforoverskudd på feil sted og svært begrensede fosforreserver er noen av de største truslene mot planetens tålegrenser. Disse kan for en stor del tilskrives landbruket. Det er også stort press på landbruket både økonomisk, arbeidsmessig og sosialt. Som for andre næringer kreves det en miljøvennlig drift som bidrar minst mulig til naturtap og global oppvarming. Samtidig skal landbruket ha motstandskraft mot klimaendringer og levere nok mat med høy kvalitet, til en akseptabel pris.

Her belyser vi noen aspekter ved økologisk bærekraft hvor økologisk landbruk har gått foran. Arbeidet med økologisk landbruk startet for rundt 100 år siden. Den gangen stod ikke problemstillinger som global oppvarming, planetens tålegrenser og utfasing av fossil energi på dagsordenen. For å kunne bidra til økt økologisk bærekraft, er det imidlertid viktig at den videre utviklingen av økologisk landbruk adresserer disse temaene. Ved å holde fast på de fire prinsippene for økologisk landbruk ved videreutvikling av driftsformen kan økologisk landbruk fortsette å ha en spydspiss-funksjon for alt landbruk. Her diskuterer vi måter å estimere økologisk bærekraftig utvikling på, ser på hvor økologisk landbruk trenger å tenke nytt innenfor plantenes næringsforsyning, global oppvarming, produksjon og forbruk av energi og mulige tiltak for dette. Til slutt tenker vi rundt utvikling av økologisk landbruk og hva som trengs for å få en økologisk bærekraftig utvikling av driftsformen.

Helseprinsippet - Økologisk landbruk skal opprettholde og fremme helse til jord, planter, dyr, mennesker og jordkloden som en udelelig helhet.

Økologiprinsippet - Økologisk landbruk skal bygge på levende økologiske systemer og kretsløp, arbeide med dem, etterligne dem og hjelpe til å bevare dem.

Rettferdighetsprinsippet - Økologisk landbruk skal bygge på relasjoner som sikrer rettferdighet når det gjelder vårt felles miljø og mulighet for livsutfoldelse.

Varsomhetsprinsippet - Økologisk landbruk skal drives på en ansvarlig og varsom måte for å ta vare på miljøet og beskytte helse og velvære for nåværende og framtidige generasjoner.

De fire prinsippene er grunnlaget for det økologiske landbrukets vekst og utvikling. De uttrykker hva driftsformen kan bidra med til verden, og er en visjon om å forbedre landbruket globalt. Prinsippene gjelder for landbruk i videste forstand og handler om hvordan menneskene samhandler med levende landskap, forholder seg til hverandre og former arven til framtidige generasjoner. Dette omfatter hvordan mennesker forvalter jord, vann, planter og dyr for å produsere, foredle og fordele mat og andre varer. Prinsippene er utarbeidet av den internasjonale organisasjonen IFOAM Organics International.

Vi definerer i denne rapporten økologisk som sertifisert økologisk driftsform. Det som ofte kalles konvensjonelt landbruk, har vi kalt ikke økologisk i den betydning at det ikke er sertifisert som økologisk landbruk. Dette fordi det er veldig mange ulike måter å drive landbruk på som bare har det til felles at de godkjenner bruk av kjemiske midler for bekjempelse av sykdommer, skadedyr og ugras og at de kan bruke kunstgjødsel. Noen har forsiktig bruk av disse innsatsmidlene og tar i bruk mange av de agronomiske metodene som også anbefales i økologisk landbruk, mens andre driver svært intensivt med monokultur, sterk gjødsling og bruk av kjemiske bekjempingsmidler.

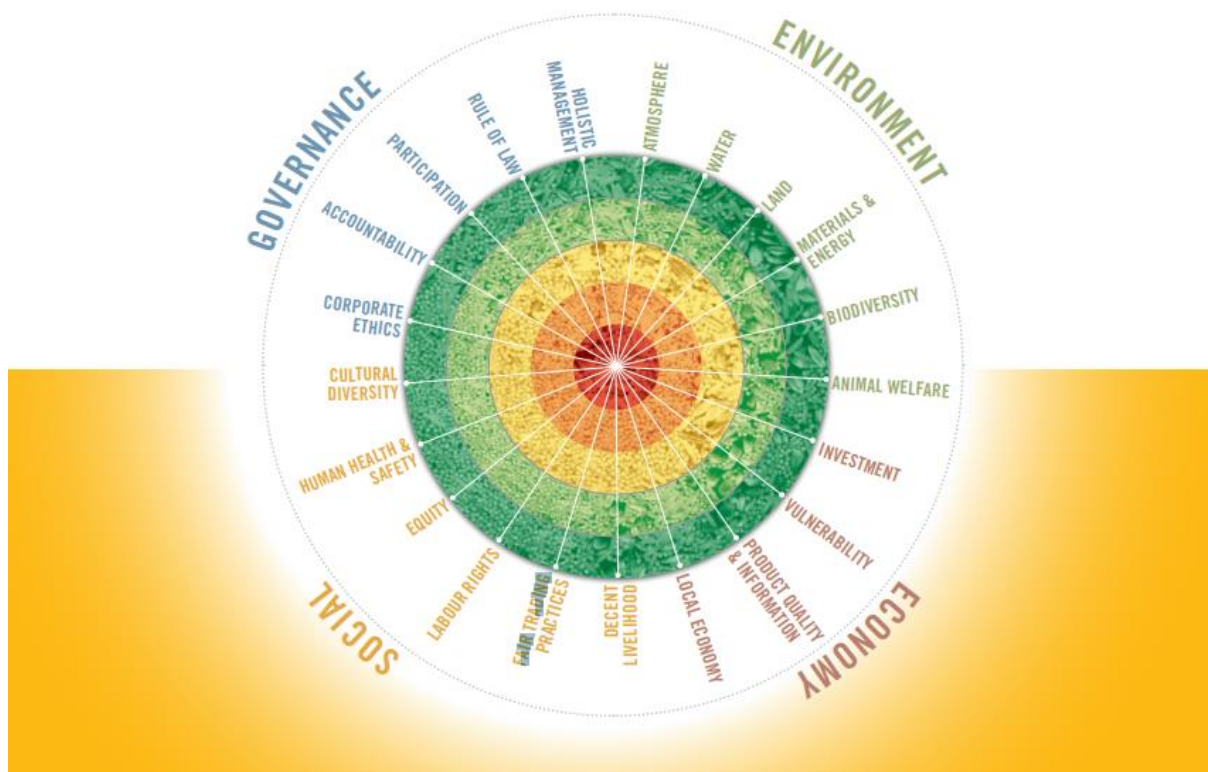
Begrepet bærekraftig utvikling brukes i mange sammenhenger, og med svært ulik betydning. Her legges Brundtland-kommisjonens definisjonen av bærekraftig utvikling til grunn: «Bærekraftig utvikling er en utvikling som imøtekommer dagens behov uten å forringe mulighetene for kommende generasjoner til å få dekket sine behov» (Verdenskommisjonen for miljø og utvikling 1987).



Bilde 1. Hvor går veien for en bærekraftig utvikling av økologisk landbruk? Foto: R. Bergslid

1 Estimering av økologisk bærekraft

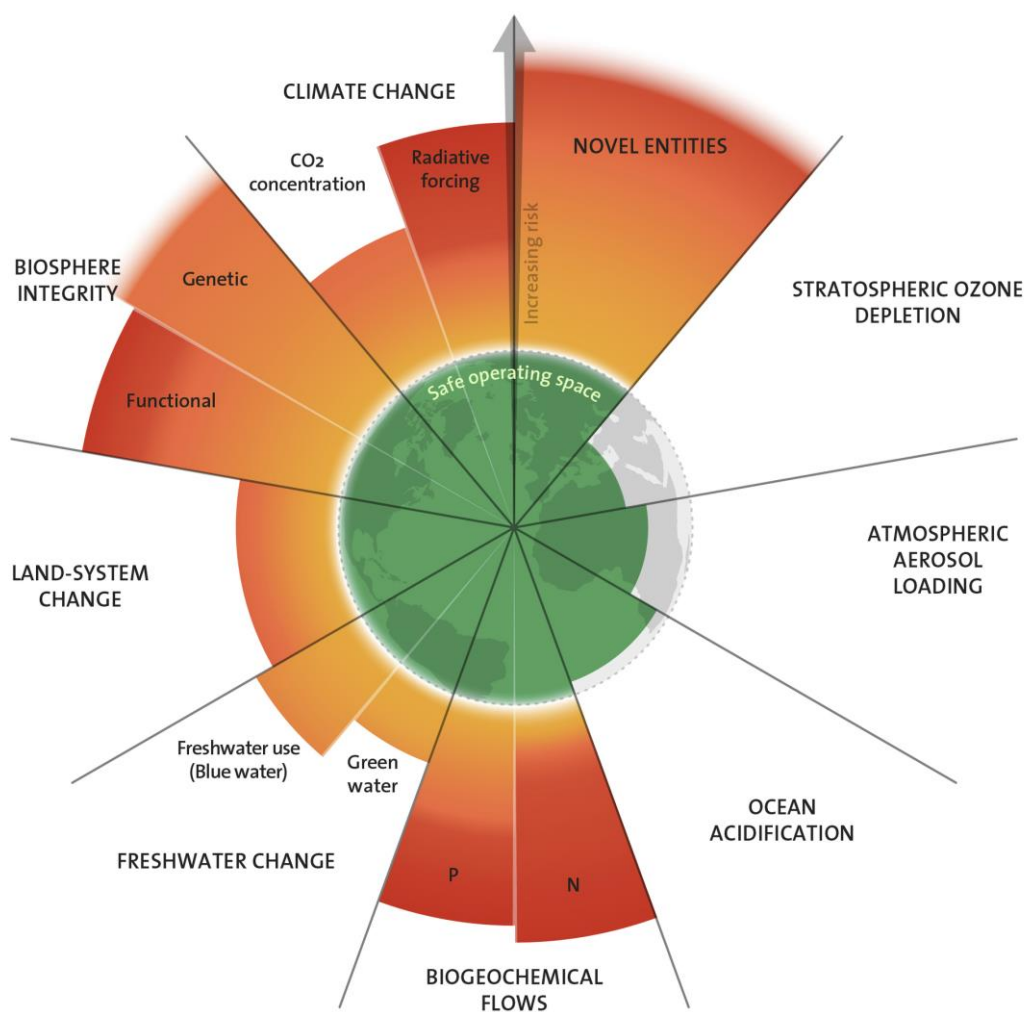
Gjennom det som kalles SAFA Guidelines (FAO 2014) har FAO laget et globalt rammeverk som definerer hva som er viktige elementer for en bærekraftig matproduksjon. SAFA, Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems, deler bærekraft inn i fire dimensjoner med 21 bærekraftsmål.



Figur 1. Oversikt over de fire dimensjonene og 21 bærekraftsmålene fra SAFA guidelines (FAO 2014).

Som nevnt i forordet er innholdet i denne rapporten avgrensa til utfordringer for økt bærekraft under dimensjonen «miljø». De andre tre dimensjonene, sosial, økonomisk og styringsmessig bærekraft, er minst like viktige for økt økologisk bærekraft, men gitt tilgjengelige midler til denne rapporten har vi måttet begrense arbeidet.

Økologisk bærekraftig utvikling er sterk knyttet til planetens tålegrenser. Planetens tålegrenser har blitt kvantifisert flere ganger av Stockholm Resilience Centre, første gang i 2009 (Rockström m.fl. 2009). I 2023 har ni ulike tålegrenser blitt kvantifisert. Forskerne har beregnet at seks av disse allerede har blitt overskredet (Richardson m.fl. 2023). Globalt spiller landbruket en avgjørende rolle i arbeidet med å begrense overskridelsene. De største utfordringene er stort bruk av nitrogen og fosfor, tap av biologisk mangfold og klimaforandringer knyttet til global oppvarming. I det siste er også effekten av kjemisk forurensing kvantifisert og definert som en stor trussel (Figur 2).



Figur 2. Jordas tålegrenser, oppdatert i 2023. Etter: «Azote for Stockholm Resilience Centre», basert på analyser i Richardson m.fl. (2023). Climate change = klimaendringer knyttet til global oppvarming, Radiative forcing = strålingspådriv, som er netto overskuddsenergi i atmosfæren (Energi i inngående stråling fra sola minus utgående varmestråling), Biosphere integrity = genetisk og funksjonelt biologisk mangfold, Biogeochemical flows P & N= bruk av fosfor og nitrogen, novel entities = nye entiteter som blant annet inkluderer kjemisk forurensing (mikroplast, hormonforstyrrende stoffer, organiske miljøgifter, syntetiske kjemikalier med mer), radioaktivt materiale og genetisk modifiserte organismer.

1.1 Metodiske utfordringer

I arbeidet med å utvikle et mer bærekraftig landbruk er det naturlig å vurdere hvor bærekraftig ulike driftsformer er. En vanlig metode for å måle miljømessig bærekraft for ulike jordbruksprodukter er livsløpsanalyser (LCA). En dansk vitensyntese diskuterer ulike begrensninger og metodeutfordringer ved bruk av LCA for jordbruksprodukter. Systemgrenser, datagrunnlag, hvilke aspekter som blir sammenlignet og hvilken beregningsmetode som blir benyttet, er avgjørende for hva som blir utfallet av slike sammenligninger (Mogensen m.fl. 2022).

Andre forskere har påpekt at eksisterende livsløpsanalyser ikke er gode nok for bruk til mer komplekse system som i økologisk landbruk da det ofte legges mest vekt på klimagassutslipp og biologisk mangfold. Dyrevelferd, effekt av kjemiske midler og innhold av jordkarbon er faktorer som også bør tas med i beregningene (Meier m.fl. 2015, van der Werf m.fl. 2020). Det blir heller ikke differensiert godt nok mellom driftsmetodene ved modelleringen og i analysene (Meier m.fl. 2015). Dette gjelder ikke minst for nitrogenet i systemet, som har betydning for blant annet forsuring, eutrofiering, utslipp av klimagasser og biodiversitet. Knudsen m.fl. (2019) fant at inkludering av karbonlagring, biodiversitet og forurensning i livsløpsanalyser hadde stor betydning for resultatene av forholdet mellom økologisk og ikke-økologisk drift. Fra å komme dårlig ut med hensyn til klimagassutslipp på grunn av lavere avlinger, gav økologisk landbruk isteden gode resultater når de andre faktorene ble tatt med i analysene. Ved å inkludere karbonlagring i jord ble globalt oppvarmingspotensial (GWP) redusert, mest der fôrrasjonen inneholdt mye grovfôr. Større forskjeller ble beregnet mht. vannkvalitet, biodiversitet og forbruk av ressurser, som skyldes blant annet bruk av kunstgjødsel og pesticider i det ikke-økologiske landbruket.

Oppsummert viser disse studiene at LCA som metode ofte ikke viser alle miljømessige viktige sider som økologisk landbruk legger vekt på.

2 Prinsipper, definisjon og regelverk for økologisk landbruk

Paraplyorganisasjonen for økologisk landbruk, IFOAM Organics International, har vedtatt de fire prinsippene som driftsformen bygger på: økologi, helse, rettferdighet og «før var». Disse er et godt grunnlag for økologisk bærekraft og sammenfaller med FNs mål for bærekraftig utvikling. De innebærer bla. at det i driftsformen legges vekt på miljømessig, sosial, økonomisk og styringsmessig bærekraft (IFOAM Organics International 2005).

IFOAM Organics International har også vedtatt en definisjon for økologisk landbruk ([Definition of Organic Agriculture | IFOAM](#)):

«Økologisk landbruk er et produksjonssystem som opprettholder sunne jordsmonn, bærekraftige økosystemer og folks helse. Dette systemet bygger på økologiske prosesser, biologisk mangfold og kretsløp tilpasset lokale forhold, istedenfor å være avhengig av innsatsfaktorer med uheldig effekt. Økologisk landbruk kombinerer tradisjon, innovasjon og vitenskap til gagn for vårt felles miljø og fremmer rettferdighet og god livskvalitet for alle.» (norsk oversettelse)

Økologisk landbruk har som mål å produsere mest mulig på naturens prinsipper, med mest mulig bruk av lokale ressurser. Dette innebærer lokale tilpasninger av produksjonen, for Norges vedkommende ofte en grovfôrbasert og arealtilpasset drøvtyggerproduksjon, men også med planteproduksjon for menneskemat der det er geografisk og klimamessig gunstig.

2.1 Regelverk for økologisk landbruk

EU-forordningen og dermed også Norges nasjonale regelverk for økologisk produksjon er utarbeidet blant annet med bakgrunn i de fire prinsippene. Kontroll av produksjon, videreforedling, omsetning og salg gir forbrukere trygghet for hvordan varene er produsert. I Norge fins det en egen økologiforskrift. Mattilsynet har ansvar for regelverk og kontroll og har delegert oppgaven med kontroll og sertifisering til organisasjonen Debio.

Økologisk landbruk kan drives på ulike måter innafor regelverket. Regelverket for økologisk landbruk er et minimumskrav, og det er mange produsenter som strekker seg lenger i retning av økologisk bærekraft enn det regelverket krever. Samtidig er ikke alltid praksis på den enkelte gård helt sammenfallende med målene for driftsformen. Naturbetingede eller menneskeskapte forhold som klima, jordsmonn, forurensa nedbør og forurensninger fra nærmiljøet vil variere fra gård til gård og påvirke drifta på ulike vis. Alle bønder, også økobønder, må gjøre en del kompromisser underveis og metodene må læres og tilpasses forholdene på den enkelte gård.

Økologisk landbruk er en ung driftsform i utvikling. Dette gjenspeiles i at regelverket gradvis endres i tråd med prinsippene og målene for driftsformen.

3 Hvor har økologisk landbruk gått foran i mer økologisk bærekraft?

For om lag 100 år siden var det flere personer i ulike land som startet arbeidet med å utvikle en annen landbruksmetode enn den gjengse utviklinga innen landbruket. Et viktig utgangspunkt for dette arbeidet var betydningen av jordfruktbarhet og jordhelse. Dette medførte blant annet at ulike nye driftsmidler, som mineralsk nitrogengjødsel og kjemisk/syntetiske sprøytemidler ikke ble tatt i bruk. Økologisk landbruk har utviklet seg i takt med den generelle utviklingen i samfunnet generelt og landbruket spesielt, men i tråd med prinsippene og definisjonen beskrevet foran framstår driftsmåten forskjellig fra ikke-økologisk landbruk innen mange fagområder.

3.1 Sammenligninger mellom økologisk og ikke-økologisk landbruk

Til tross for at LCA som metode ikke alltid viser alle miljømessige viktige sider som økologisk landbruk legger vekt på (se kap. 2.1) viser internasjonale studier som har sammenlignet miljøeffekter av ulike dyrkingssystemer ofte positive resultater for økologisk landbruk. Nylig har forskere gått gjennom 77 livsløpsanalyser (LCA) som parvis sammenligner økologiske og ikke-økologiske driftssystemer (Boschiero m.fl. 2023). Resultatene viste at de økologiske dyrkingssystemene samlet sett hadde mindre negativ miljøpåvirkning enn de ikke-økologiske systemene for viktige miljøeffekter som klimapåvirkning, ressursbruk og økotoksitet. Dette gjaldt uavhengig av om enheten som ble brukt var per areal eller per kg produkt og om avlingene var lavere i den økologiske drifta.

I en artikkel om definisjoner og indikatorer for måling av miljømessig bærekraft i økologisk landbruk foreslår Halberg (2012) å bruke begrepet funksjonell integritet, dette for å kunne fremheve spesifikke aspekter av vital betydning for at det skal være mulig å opprettholde jordbrukssystemet over lang tid. Han har vurdert den relative bærekraften i økologisk landbruk basert på en gjennomgang av ulike studier som har undersøkt miljøpåvirkning og ressursbruk i Europa og Nord-Amerika. Artikkelen gir flere eksempler på at økologisk drift gir bedre jordfruktbarhet og større biologisk mangfold sammenlignet med konvensjonelt landbruk, men at forskjellen er mindre for andre parametere, for eksempel bruk av energi og næringsstoffer per kilo produkt. Artikkelen presenterer et rammeverk for valg av indikatorer basert på de fire prinsippene for økologisk landbruk.

Halberg konkluderer at fortsatt fokus på jordhelse og biodiversitet er avgjørende for økologisk landbruk sin egen del, og for rollen som modell for en mer bærekraftig utvikling av landbruket. Ut fra ressursbruk bør økologisk landbruk også forbedre energi- og næringsstoffeffektiviteten og samtidig øke avlingsnivået per arealenhet og ytelse per dyr. Han påpeker også at utviklingen innen økologisk landbruk, fra små gårder med lokal omsetning til større enheter og et mer globalisert matmarked, gjør det vanskeligere å bruke de fire prinsippene som retningslinjer for utvikling av drifta på enkelte gårder (Halberg 2012).

Nedenfor er det gjengitt resultater fra to studier som sammenligner en rekke miljømessige parametere ved økologisk og ikke-økologisk drift.

Tyske forskere har gjennomgått 528 studier, som inneholdt i alt 2 618 parvise sammenligninger mellom gårder som er sertifisert økologisk og de som ikke driver økologisk (Sanders & Hess 2019). Mange forhold ble studert, blant annet innen klimagassutslipp, klimatilpasning, ressurseffektivitet og dyrevelferd. For mange av disse parameterne var det mange av studiene som viste fordeler ved økologisk drift, mens det for andre parametere ikke kunne påvises forskjeller mellom driftsmetodene.

Studien viste at utslipp til vann var mindre fra økologisk drift, særlig fordi det ikke benyttes kjemisk/syntetiske sprøytemidler, men også at bruken av veterinærmedisin, som antibiotika, er begrenset i økologisk drift.

Mengden jordliv og antall meitemark var størst på de økologiske brukene, i tillegg hadde jorda på disse gårdene høyere pH i det øverste jordlaget, sammenlignet med gårder som ikke drev økologisk. Økologisk drift gav flere plantearter, større frøbank og mer kantvegetasjon enn ikke-økologisk drift i 86 % av studiene som ble analysert. Det var også flere fugler og pollinerende insekter der det ble drevet økologisk i mange av studiene.

Forskerne bak rapporten legger vekt på at ulike miljøeffekter må vurderes på ulike måter, avhengig av om effekten er lokal eller global. For lokale miljøproblemer, som overgjødning av vassdrag, er det viktig å regne utslipp per arealenhet. For effekter på globalt nivå, som utslipp av klimagasser, er det derimot viktig å regne utslipp per produsert enhet (Sanders & Hess 2019).

Danske forskere og eksperter har utarbeidet en vitensyntese som samler kunnskap om hvilken betydning økologisk landbruk har for ulike samfunnsgoder (Jespersen m.fl. 2015). Oppdragsgiver for arbeidet, Det danske Fødevarerministeriet, ønsket en vitensyntese om hvilke samfunnsgoder som påvirkes av økologisk drift. Myndighetene trenger et forskningsbasert overblikk over eksisterende viten om driftsformens bidrag til forskjellige samfunnsgoder, og samspillet dem imellom, som et grunnlag for å treffe beslutninger om hvordan økologisk landbruk kan brukes som et vitenskapelig fundert, samfunnsnyttig verktøy.

Om lag 65 danske forskere og eksperter fra universiteter og organisasjoner deltok i arbeidet, som omfattet bl.a. biodiversitet, miljøforhold, klima, sunnhet og velferd for mennesker og dyr, samt distriktsutvikling. Analysene viser at økologisk landbruk bidrar positivt til å sikre samfunnsgoder som biologisk mangfold, jordfruktbarhet og husdyrvelferd, men at det er andre områder, f.eks. klimapåvirkning, der det er behov for mer fokus og utvikling (Jespersen m.fl. 2015).

3.2 Økologisk landbruks spydspissfunksjon

I tillegg til den direkte effekten av økologisk landbruksproduksjon har driftsformen en viktig rolle som læringsarena, referanselandbruk, korrektiv og spydspiss i arbeidet med å gjøre hele det norske landbruket mer miljøvennlig og bærekraftig. Denne rollen er ett av myndighetenes argumenter for støtte til økologisk landbruk i Norge. Fiberduk mot insektangrep, bedre utnytting av husdyrgjødsel, vekstskifte og bruk av belgvekster, resirkulering av organisk materiale, skånsom behandling av jord og fokus på husdyrvelferd er eksempler på hva som har blitt utviklet i økologisk landbruk og seinere

tatt i bruk innen konvensjonelt landbruk (Solemdal & Serikstad 2015). Betydningen av et allsidig vekstskifte for en forebyggende plantevernstrategi har også lenge vært påpekt i økologisk landbruk, noe som har blitt stadig mer aktuelt i konvensjonelt landbruk også, etter hvert som spesialisering blir mer utbredt. Bruk av gode løsninger fra det økologiske landbruket i ikke-økologisk drift blir ofte mer aktuelt når noen typer kjemisk/syntetiske sprøytemidler blir forbudt.

Økologisk landbruk har stor innovasjonskraft når det gjelder nye omsetningsformer for mat. Behovet for å kommunisere om produksjonsmåten direkte med forbrukerne og utvikle mer lokale verdikjeder er viktige drivkrefter når andelslandbruk, markedshager, gardsutsalg, REKO-ringer osv. utvikles.

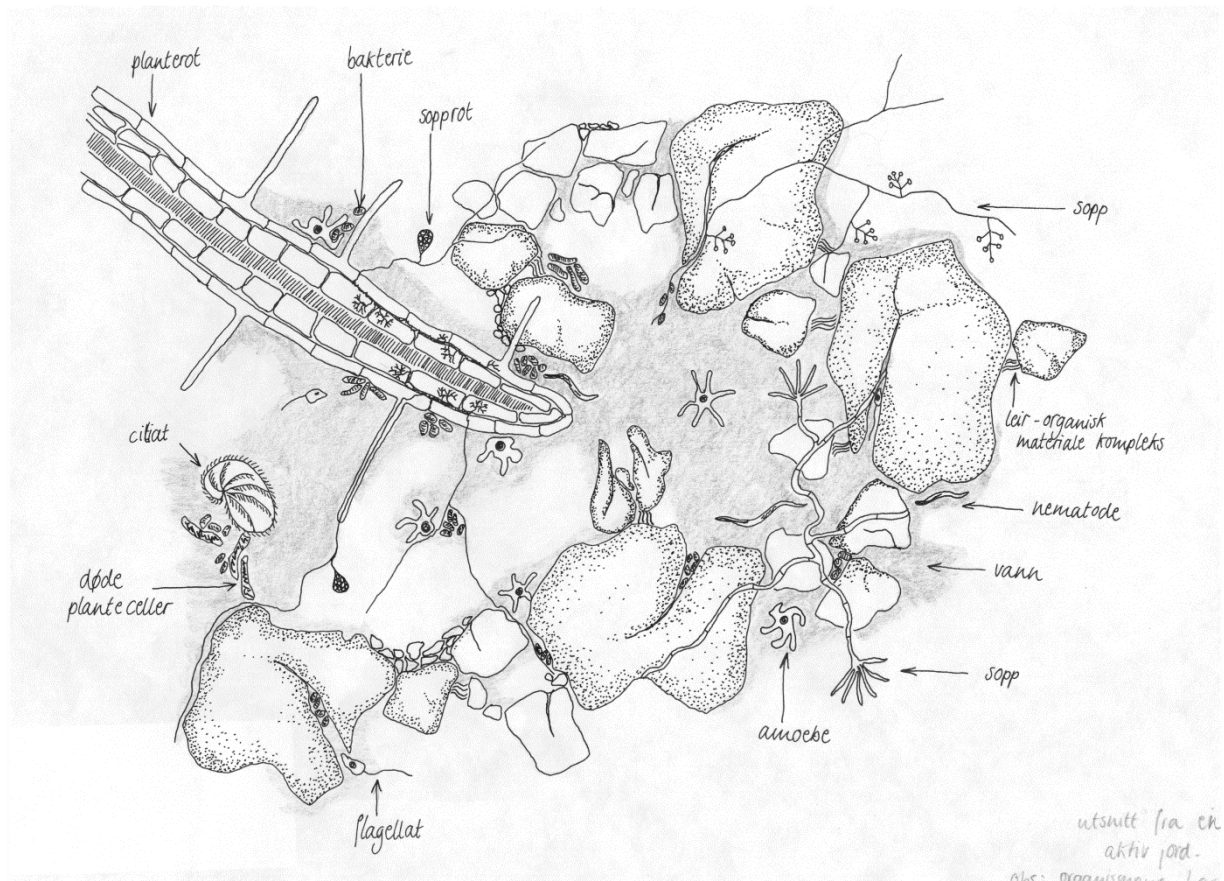
Økologiske bønder er overrepresentert på arenaer som Bondens marked, småskala videreføring, REKO-ringer og gardsutsalg med tanke på omfanget av driftsformen. Et svært godt eksempel på at økobønder har startet opp aktivitet som seinere har blitt adoptert av andre bønder er geitebonden Pascale Beudonel. Hun har gjennom mange år vært helt avgjørende for utvikling av gardsostproduksjonen i Norge.

I Norge og andre land er det eksempler på at det offentlige kan få i gang viktige endringsprosesser med utgangspunkt i økologisk mat. Innføring av økologisk mat i kantiner på sykehus, sykehjem og skoler/barnehager har gitt sunnere kosthold, lavere kjøttforbruk og større engasjement. Dette er dokumentert blant annet i prosjektet «Innovative Public Organic food Procurement for Youth (IPOPY), hvor NORSØK ledet det europeiske samarbeidet (Nölting 2010).

3.3 Jord og jordliv

Pionerene som beskrev de første ideene om et alternativt/biologisk/organisk landbruk, som siden har blitt benevnt som økologisk landbruk i Norge, var opptatt av å finne metoder for å bedre jordas fruktbarhet uten å bruke kunstgjødsel (Solemdal & Serikstad 2015). Kjente aktører var sir Albert Howard, Rudolf Steiner, Ehrenfried Pfeiffer, lady Eve Balfour, Hans og Maria Müller og Hans Peter Rusch. Felles for disse var blant annet at landbruk og fruktbar jord var de egentlige verdiene som økonomien burde ta utgangspunkt i (Solemdal & Serikstad 2015). Essensen i deres tanker er at organisk, tungtløselig gjødsel gir næring til jordorganismer som meitemark, insekter, bakterier og sopper. Bruk av lettløselig mineralgjødsel gir ikke næring til jordorganismene på samme måte som organisk gjødsel. Kjemisk-syntetiske sprøytemidler kan virke hemmende på livet i jorda.

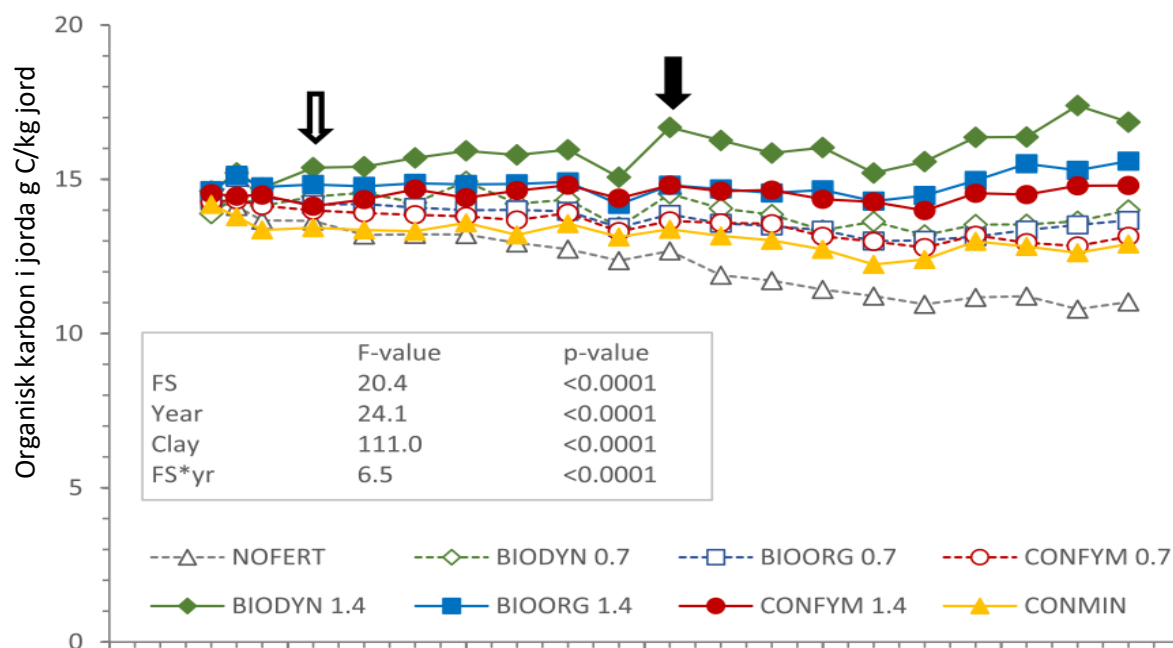
Også i dag er det fokus på jordhelse og organismene i jorda blant dem som driver økologisk. Det har vært drevet en intensiv kunnskapsoppbygging om hvilke organismer som lever i jorda og hvordan vurdere kvaliteten på jord (Land 2016, Pommeresche 2019, Pommeresche 2021). Tilførsel av organisk materiale, redusert kjørebelastning, levende plantedekke og vekstskifte anbefales som tiltak for å fremme jordhelsen. Dette er bra for organismene i jorda og bidrar til ei fruktbar jord med god vannhusholdning og god plantevekst.



Figur 1. Et jordaggregat er et eget lite økosystem med mineralpartikler, organisk materiale, vann, planterøtter, mikroflora og mikrofauna og er et viktig grunnlag for ei fruktbar jord. Uten at jordaggregatene fungerer, er det vanskelig å lykkes med et økologisk jordbruk. Ill.: A. de Boer, Økologisk Jordkultur (1999)

En metaanalyse har gått gjennom 56 studier som har sammenlignet økologisk og ikke-økologisk produksjon (Lori m.fl. 2017). Studien omfattet 149 parvise sammenligninger, hvor ulike klimasoner var representert og hvor lengden på forsøkene varierte fra 3 til 100 år. Resultatene viste at det var fra 32 til 84 % mer mikrobiell biomasse og biologisk aktivitet i økologisk drift i forhold til ikke-økologisk. De fant at vekstskifte, bruk av belgvekster og tilførsel av organisk materiale var viktige faktorer for dette. Mange studier har vist mer meitemark ved økologisk drift (Piffner & Mäder 1997, Hansen & Engelstad 1999, Riley m.fl. 2008, Sanders & Hess 2019).

Det er også funnet mer organisk bundet nitrogen og karbon ved økologisk drift (Poudel m.fl. 2002, Pimentel 2005). Det er interessant å se hvordan innholdet av organisk karbon i jorda har fortsatt å øke gjennom 40 år i DOK-forsøket i Sveits. Her blir biodynamisk, organisk biologisk og ikke-økologisk drift sammenlignet, og det er en god del åker i vekstskiftet (Krause m.fl. 2022). Mest karbonlagring er det i det biodynamiske leddet hvor de bruker kompost (Figur 4).



Figur 2. Utvikling av innholdet av organisk karbon i jord ved åtte ulike behandlinger i DOK-forsøket i Sveits. NOFERT = ugjødsel, BIODYN = biologisk-dynamisk, BIOORG = organisk-biologisk, CONFYM = konvensjonelt med husdyrgjødsel + kunstgjødsel, CONMIN = konvensjonelt (ikke-økologisk) med kunstgjødsel. Gjødselnivå 0.7 & 0.4 = husdyrgjødsel tilsvarende 0,7 eller 1,4 storfeenheter per ha. Åpen pil viser første gang det var signifikant forskjell mellom BIODYN1.4 > CONMIN og lukket pil viser første gang det var signifikant forskjell mellom BIODYN1.4 > CONFYM (Krause m.fl. 2022).

Kjemiske sprøytemidler, særlig soppmidler, kan ha negativ effekt på nyttesopp i jorda (Klingen m.fl. 2002). Jordarbeiding og gjødsling påvirker også soppfloraen. Beitemarkssopper er følsomme for gjødsling, både med fosfor og nitrogen (Jordal 1997). De kan forsvinne etter bare ett år med kunstgjødsel (Fjeldstad m.fl. 2010).

Naturbeitemarker og naturenger er naturtyper i sterk tilbakegang. De har i liten grad vært gjødslet, og har en spesiell soppflora. Om lag 140 norske sopparter er sterkt knyttet til ugjødslet grasmark, av disse står mange på den norske rødlista. I en undersøkelse av slike lokaliteter i Møre og Romsdal og Trøndelag ble bl.a. 16 økologiske bruk undersøkt. Av disse hadde 5 svært høyt artsmangfold. I alt 59 arter av beitemarkssopper og 32 andre sopper ble registrert. 20 av disse er rødliste-arter i Norge, mens hele 49 av disse står på rødlista for Europa (Jordal & Gaarder 1993).

Jordprøver fra 20 ulike steder i Nord-Norge viste signifikant høyere forekomst av insektpatogene nyttesopper i jord som ble drevet økologisk, sammenliknet med konvensjonelt drevet jord. Ingen signifikante forskjeller ble funnet for jord fra jordekantene i de to driftssystemene (Klingen m.fl. 2002).

3.4 Nitrogenhusholdning og utslipp av klimagassen lystgass

Økologisk landbruk sitt mål om å produsere mest mulig på naturens prinsipper, med mest mulig bruk av lokale ressurser, begrenser i seg selv tilførselen av nitrogen og andre næringsstoff utenfra. Regelverksveilederen for økologisk landbruk framhever betydningen av vekstskifte for

næringstilførsel i økologisk planteproduksjon (Mattilsynet 2023b): «Jordas fruktbarhet, næringsinnhold og biologiske aktivitet skal først og fremst opprettholdes eller forbedres ved:

a) et hensiktsmessig vekstskifte der belgvekster, grønn gjødsling eller bruk av vekster med dypt rotsystem inngår

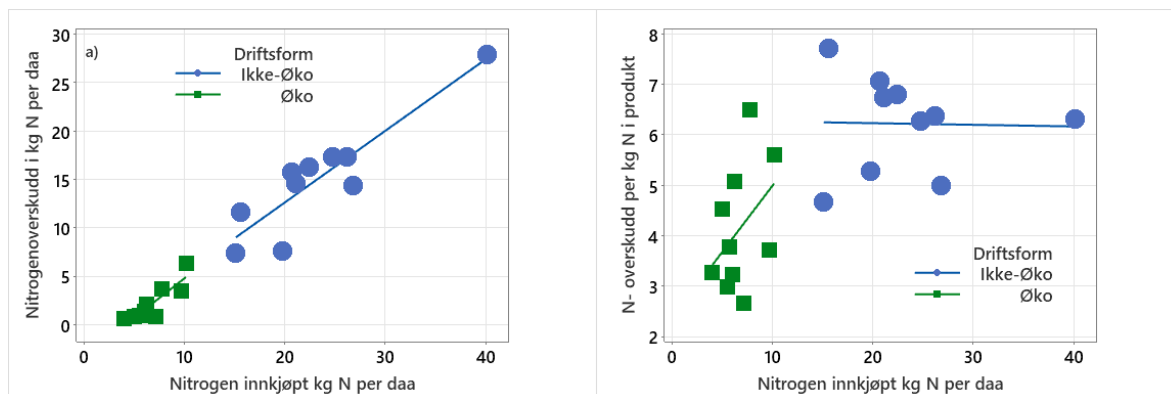
b) nedmolding av husdyrgjødsel fra økologisk husdyrhold

c) nedmolding av annet organisk materiale fra økologisk produksjon»

Ved Debio-revisjon av drifta på den enkelte gård må det kunne dokumenteres hvorfor det er behov for ikke-økologisk gjødsel. Det er også begrensninger på innkjøp av fôr. I regelverksveilederen heter det: «Gården bør i størst mulig grad være selvforsynt med økologisk fôr for å dekke dyras næringsbehov, så langt dette er mulig. Dyrene skal opprettes med økologisk fôr. Fôret skal fortrinnsvis være fra egen driftsenhet, eller fra andre økologiske virksomheter i samme region.» I svine- og fjørfeproduksjon er det krav om minimum 30 % fôr fra egen virksomhet eller produsert i regionen. For drøvtyggere er det et minimumskrav at 60 % av fôret skal komme fra egen virksomhet eller fra regionen (70 % i 2024, Mattilsynet 2023b). Det er også begrensninger på hvor mange dyr det kan være per daa i en driftsenhet som er godkjent for økologisk produksjon (Lovdata 2022).

For å kunne opprettholde en god produksjon i husdyrholdet ved lav tilførsel av eksternt nitrogen (N) er det viktig å kunne utnytte nitrogenet i fôr og gjødsel godt og dermed ha en høy nitrogeneffektivitet. Nitrogeneffektivitet er forholdet mellom nitrogeninnholdet i produkt som melk, kjøtt og egg og mengden nitrogen satt inn i produksjonen. Det er også mange undersøkelser som viser en mer effektiv nitrogenhusholdning på økologiske husdyrbruk enn på de som ikke drives økologisk (se for eksempel Hansen m.fl. 2021a, Lin m.fl. 2016, Chmelíková m.fl. 2021).

Vi velger å illustrere dette med et eksempel fra Norge. I Miljømelk-prosjektet ble nitrogeneffektiviteten på 10 mellegårder som drev økologisk sammenlignet med 10 som ikke drev økologisk (Figur 5, Hansen m.fl. 2021a). Gårdene som drev økologisk, hadde høyere nitrogeneffektivitet enn de som ikke hadde økologisk drift. Beregnet for hele driftssystemet hadde gårdene som drev ikke-økologisk dobbelt så stort N-overskudd som de som drev økologisk. I hele driftssystemet inkluderes arealer som drives av gårdbruker på eget eller leid areal pluss arealer brukt til å dyrke grovfôr og kraftfôr som kjøpes inn til gården. Forskjellene mellom driftsmåtene var enda større for det fulldyrka arealet på egen gård. Gjennomsnittlig overskudd var 22 kg nitrogen per dekar og år på gårder som ikke drev økologisk og 9 kg nitrogen på gårder som drev økologisk. Regnet per enhet produkt i form av melk og kjøtt var nitrogenoverskuddet 50 % større på de gårdene som drev ikke-økologisk enn på de som drev økologisk for hele driftssystemet. Mengde innkjøpt nitrogengjødsel var den faktoren som førte til størst forskjell i nitrogen-effektivitet mellom de to driftsformene. På noen av gårdene som ikke drev økologisk ble det kjøpt inn store mengder nitrogen-gjødsel i tillegg til gårdens egen gjødsel. Det var imidlertid svært stor forskjell mellom gårdene.



Figur 3. Nitrogenoverskudd (importert nitrogen minus eksportert nitrogen) på gårdsnivå på mellegårder i Møre og Romsdal. Nitrogen innkjøpt kg N per daa er mengde nitrogen som er kjøpt inn til gården i form av gjødsel, fôr eller dyr. Grafen til venstre viser nitrogenoverskudd per daa på gården mens grafen til høyre viser overskudd per kg nitrogen i melk og kjøtt eksportert fra gården. Nitrogen fra biologisk nitrogenbinding er ikke medregnet. Begge grafer er oppgitt som gjennomsnitt for hele for gårder som drives økologisk (grønne kvadrater) eller konvensjonelt (blå sirkler). Data er oppgitt som gjennomsnitt for tre år.

Feltforsøk viser at dyrking av korn, poteter og grønnsaker er mer utfordrende ved økologisk produksjon. Dersom ugras, plantesjukdommer eller skadegjørere reduserer avlingen vil det føre til dårlig utnytting av tilført nitrogen og lavere nitrogeneffektivitet i økologisk jordbruk enn i tilsvarende system hvor ugras og skadegjørere bekjempes kjemisk (se for eksempel Torsteinson m.fl. 2006, Korsæth 2008). Lett tilgjengelig nitrogen tas også raskere opp av plantene enn nitrogen som er bundet i organisk materiale. Spesielt der det brukes fangvekster, godt vekstskifte og moderat gjødsling har forsøk funnet bedre nitrogeneffektivitet i ikke-økologiske system (Torsteinsson m.fl. 2006, Korsæth 2008).

Disse resultatene underbygges av en undersøkelse i Sverige av 124 gårder som driver økologisk og 2 426 gårder som ikke har økologisk godkjenning. Nitrogenutnyttelsen var høyere ved økologisk melkeproduksjon, men lavere ved økologisk planteproduksjon enn ved tilsvarende gårder som ikke drev økologisk (Wivstad m.fl. 2023). En overordnet konklusjon av studien er at bruken av gjødsel må effektiviseres i begge produksjonssystemene.

I DOK-forsøket i Sveits fant de imidlertid like god eller bedre nitrogeneffektivitet ved økologisk som ved konvensjonell driftsform. I dette regnskapet er nitrogen som er tilført med biologisk nitrogenbinding hos belgvekster inkludert i summen av tilført nitrogen (Oberson m.fl. 2024). På grunn av effektiv biologisk nitrogenbinding og god utnytting av nitrogenet som ble bundet i belgvekster i dette systemet, ble det en svært god nitrogenhusholdning. Dette viser hvor viktig det er at alle deler av agronomien fungerer for å få en effektiv utnytting av tilført nitrogen.

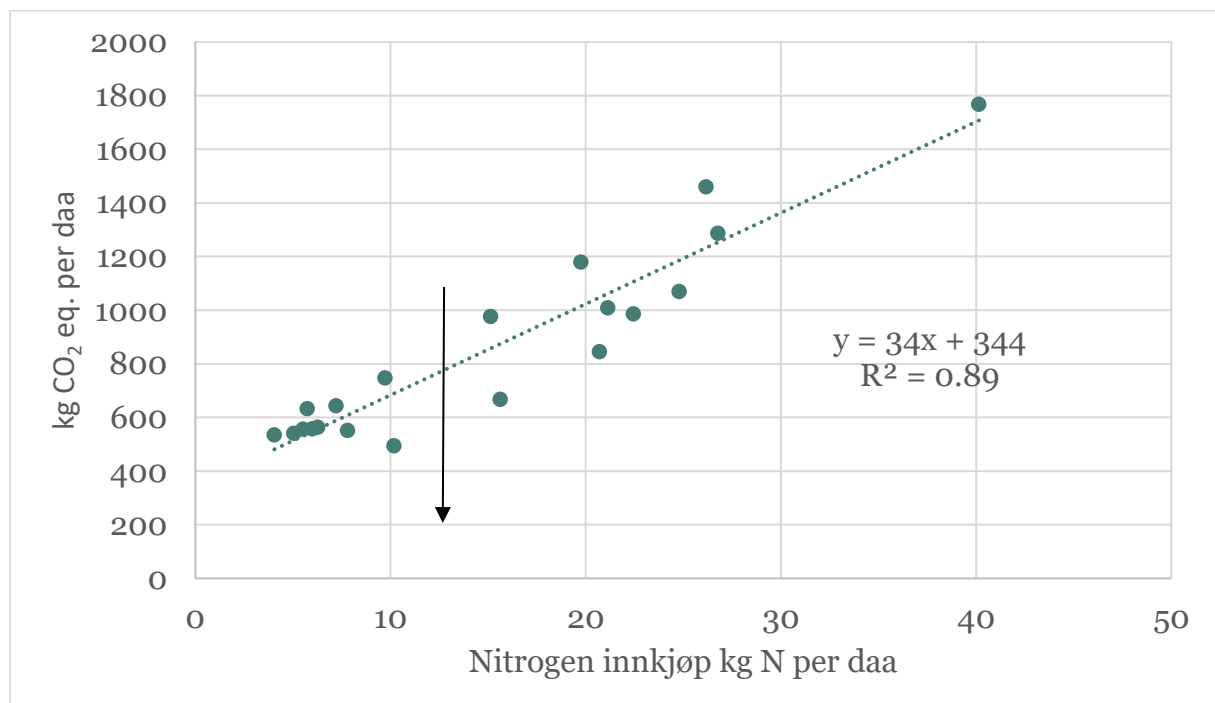
3.4.1 Lystgass (N₂O)

Moinet m.fl. (2023) argumenterer for at økt nitrogeneffektivitet i landbruket er viktig for å redusere landbrukets negative klimapåvirkning. Feltforsøk viser at utslippet av lystgass stiger med økende nitrogen gjødsling (Ruser m.fl. 2001, Stehfest & Bouwman 2006, Shcherbak m.fl. 2014). I de fleste undersøkelser på feltnivå er det derfor lavere utslipp i økologisk enn i ikke-økologisk produksjon per arealenhet (Petersen m.fl. 2006, Skinner m.fl. 2014, Benoit m.fl. 2015, Westphal m.fl. 2018), men det

er ikke alltid slik. Der det er gjødslet sterkere i økologisk enn i ikke-økologisk produksjon (Petersen m.fl. 2006) eller det har blitt tilført mye ferskt organisk materiale spesielt i våt jord (Chirinda m.fl. 2010, Krauss m.fl. 2017, Westphal m.fl. 2018, Hansen m. fl. 2019, Abalos m.fl. 2022) vil det også kunne bli høye lystgassutslipp også ved økologisk produksjon. I svakt gjødslet eng med gras og kløver er det vanligvis små utslipp av lystgass (Hansen m.fl. 2019). Frigjort nitrogen fra frysing / tining (Sturite m.fl. 2021) og tørke / oppfukning (Hansen m.fl. 2014) vil kunne øke lystgassutslipp fra ei slik eng.

I gårdsundersøkelser er det ikke mulig å måle klimagassutslipp, så estimatene må bygge på modeller som er basert på tidligere forsøk. En av de faktorene som bidrar mest til høyere estimerte klimagassutslipp fra ikke-økologisk melkeproduksjon enn fra økologisk, er sterk nitrogen gjødsling, da det ofte gjødsles med mye nitrogen i tillegg til gårdens egen husdyrgjødsel (Hansen m.fl. 2021a, Hansen m.fl. 2024). Dette gir klimagassutslipp både i produksjon (lystgass og CO₂), transport (CO₂) og ved gjødsling med nitrogen gjødsel (lystgass). Lystgass er en sterk klimagass og et viktig bidrag til global oppvarming. Den bidrar også til å bryte ned ozon-laget. Alt nitrogen på avveie er kilde til produksjon av lystgass (Hansen & Øygarden 2019).

I Miljømelk-prosjektet fant vi at estimerte utslipp av klimagasser steg per daa ved økende intensitetsnivå, uttrykt som mengde innkjøpt nitrogen per daa og var signifikant lavere ved økologisk enn ved ikke-økologisk drift (Hansen m.fl. 2021a, figur 6). Når utslippene ble regnet per produsert mengde melk og kjøtt eller per enhet energi eller protein, minsket forskjellen mellom driftsformene, men den var fortsatt signifikant. Utslipp fra produksjon og bruk av innkjøpt gjødsel var hovedårsaken til høyere klimagassutslipp ved ikke-økologisk sammenlignet med økologisk melkeproduksjon.



Figur 4. Estimerte utslipp av klimagasser oppgitt som kg CO₂-ekvivalenter per daa for melkeproduksjonsgårdene ved stigende mengde innkjøpt nitrogen (kg N per daa) i gjødsel, fôr og livdyr. **Verdiene til venstre for loddrett pil er fra gårder som driver økologisk.**

3.5 Plantervern

Det er ikke tillatt å bruke kjemisk/syntetiske sprøytemidler i økologisk drift. I ikke-økologisk landbruk har slike midler mange bruksområder, bla. mot ugras, sopp og insekter, eller som vekstregulerende midler. Bruk av slike midler utgjør en viktig forskjell mellom ikke-økologisk og økologisk landbruk.

Mattilsynet oppgir at total mengde av virksomt stoff av ulike pesticider som ble omsatt i 2022 var 724 tonn. Dette omfatter også bruk utenom landbruket, bla. hobbypreparater (Mattilsynet 2023a). En spørreundersøkelse blant bønder, utført av SSB i 2017, viste at det var stor forskjell på sprøytepraksis mellom ulike jordbruksproduksjoner i Norge. Bare 6,3 % av eng- og beitearealet som ble omfattet av undersøkelsen ble sprøytet, mens 90 % av det resterende jordbruksarealet ble sprøytet minst en gang det året. I jordbær ble 97 % av arealet sprøytet, for eplearealet var dette tallet 85 %. Hvete var den kornarten som ble mest sprøytet. 97 % av høsthvetearealet ble sprøytet. I potet ble 95 %, i løk 76 % og i gulrot 82 % av arealene dette året sprøytet. Stråforkorter ble brukt på 75 % av høsthvetearealet (Aarstad & Bjørlo 2019).

I dette avsnittet gis det en kort oversikt over hva bruk av slike midler kan medføre utover den forventede effekten på avlingen som blir behandlet. Sveitsiske forskere har gått gjennom eksisterende forskning på dette, og sett på hvordan kjemiske sprøytemidler kan spres i miljøet og hvordan de til slutt kommer inn i matproduktene (Schleiffer & Speiser 2022). Oversikten deres bygger på litteraturstudier og er konsentrert om undersøkelser gjort i Europa de siste 20 årene. Kartleggingen beskriver flere kilder til forurensning, og gir eksempler på undersøkelser som viser omfattende funn. For forurensning av jord gjengis bla. resultater fra en undersøkelse i 11 europeiske land. I alt 43 ulike stoff ble påvist og 83 % av prøvene inneholdt rester av minst ett stoff. Glyfosat og nedbrytningsproduktet AMPA var blant de stoffene som oftest ble påvist.

3.5.1 Forurensning i vann

Kjemiske sprøytemidler kan forurense grunnvann, overflatevann og nedbør. Dette kan skyldes bla. avrenning, transport i jord og dreneringssystem, avdrift ved sprøyting og punktforurensning ved tankvasking. Program for jord- og vannovervåking i Norge (JOVA) startet i 1992. Overvåkingen foregår i ti nedbørfelt som representerer et utvalg av de viktigste jordbruksområdene i Norge. Avrenningen fra feltene måles kontinuerlig. I perioden 1995-2018 ble det i bekker og elver utført 2 640 analyser, med påvisning av 78 ulike sprøytemidler (Bechmann m.fl. 2021). Til sammen ble det gjort 5 386 enkeltfunn. I gjennomsnitt ble det påvist to midler i hver av prøvene, uavhengig av sted. 75 % av vannprøver med funn inneholder mer enn ett stoff. Ut fra resultatene påpeker forfatterne risikoen for negative effekter på vannlevende organismer i deler av vekstsesongen på grunn av risiko for samvirkning mellom de ulike midlene.

Glyfosat er et aktivt stoff som brukes i flere ugrasmidler. Preparater med glyfosat er de mest brukte ugrasmidlene i Norge, blant annet middelet Roundup. I landbruket brukes slike midler særlig mot kveke ved ensidig korndyrking, men også i andre kulturer og ved fornying av eng. I årene 2018-2022 ble det i snitt brukt 312 tonn glyfosat, av et gjennomsnittlig forbruk på nærmere 541 tonn av ugrasmidler totalt (Mattilsynet 2023a). Glyfosat inngår ikke i søkespekteret for vannanalysene i JOVA-programmet etter 2004. I hele perioden er bare 92 prøver analysert for rester av glyfosat, hvorav 85 av dem inneholdt slike rester, dvs. 92 %. (Bechmann m.fl. 2017).

3.5.2 Funn i drikkevann

Folkehelseinstituttet samlet inn analysedata fra perioden 2011-2013 fra 40 vannverk i 26 kommuner. Prøvene ble analysert for 117 ulike stoffer og/eller metabolitter (nedbrytningsstoffer). I totalt 235 vannprøver var det få funn, alle under grenseverdien for plantevernmidler i drikkevann. Bare to stoffer, bentazon og fludioksonil, ble påvist. Resultatene fra programmet for jord- og vannovervåking, fra undersøkelser utført i grunnvann i årene 2007-2012, ble også vurdert i samme rapport. Det ble påvist rester i rundt halvparten av prøvene i dette tidsrommet, av totalt 31 virksomme stoffer. Noen av disse stoffene er ikke lenger godkjent for bruk i Norge. Bioforsk, nå NIBIO, undersøkte også bekker og elver i de samme jordbruksområdene, og fant at enkeltprøver kunne inneholde rester av flere sprøytemidler og at mange av prøvene overskred grensen på 0,1 µg/l for drikkevann.

På bakgrunn av de innsamlede dataene konkluderer Folkehelseinstituttet med at det er liten sannsynlighet for at plantevernmidler i drikkevann kan opptre i nivåer som fører til risiko for helseskader i befolkningen. Samtidig påpekes det at ikke alle relevante sprøytemidler og heller ikke alle metabolitter fra disse stoffene er med i søkespekteret for det norske overvåkningsprogrammet. De påpeker også at de ikke har datagrunnlag for å vurdere endringer i konsentrasjoner i drikkevann over tid (Hetland m.fl. 2014). Undersøkelser av vann fra 28 private drikkevannsbrønner i 2010-2012 viste imidlertid at det ble påvist rester av sprøytemidler i nær halvparten av de 199 prøvene. Konsentrasjonen oversteg anbefalt grenseverdi for drikkevann i 12 % av prøvene. Det ble påvist 19 ulike stoffer og metabolitter (Gulden 2018).

3.5.3 Kjemiske sprøytemidler i luft

Kjemiske sprøytemidler kan forekomme i luft både i flytende og fast form, foruten som gass. Flere undersøkelser viser at slike midler kan transporteres over lange avstander. I tyske undersøkelser av luft langt fra jordbruksområder fant Hofmann m.fl. (2019) bla. glyfosat bundet i jordpartikler i lufta.

3.5.4 Virkning på andre organismer

Kjemiske sprøytemidler kan ha skadelige effekter på andre organismer enn dem de er ment brukt til (såkalte «non target»-organismer). Det er funnet skadelige effekter på organismer som lever i vann, jord og luft, f.eks. ferskvannstanglopper, fugler, flaggermus, mus og frosk (Rahmann 2011; Tuck m.fl. 2014; Sanders & Hess 2019). For flere organismer kan midlene være direkte giftige. Men ofte er det indirekte effekter som går på fødetilgang (mindre insekter, mindre ugrasfrø osv.), tap av leveområder (fjerning av vegetasjon), overvintring, immunforsvar og reproduksjon. Et eksempel på dette er insektmiddelet neonikotider som påvirker honningbiene. Konsentrasjoner langt under grensen for fysisk skade truer artens overlevelse da stoffene påvirker biers overvintring, immunforsvar og reproduksjon svært negativt (Woodcock m.fl. 2017). Svenske forskere har undersøkt honningbienes risiko for å bli utsatt for kjemiske sprøytemidler. De undersøkte pollen og nektar som biene hadde samlet og fant at pollen var den viktigste eksponeringsveien. Innsamlet pollen inneholdt flest midler og i høyere konsentrasjon sammenlignet med innsamlet nektar. Noen av midlene var svært giftige, særlig gjaldt dette insektmidler. Lufta nær bikubene ble også undersøkt. Her ble ugrasmidlet

prosulfokarb oftest påvist og i størst mengde. Analysene viste at risikoen for påvirkning økte jo mer åkerdyrking det var i området (Jonsson m.fl. 2022).

En nederlandsk studie av pesticidrester i jord, fôr og gjødsel på 23 storfegårder fant at det var sammenheng mellom dyras beregnete inntak av rester av insektmidler gjennom fôret og innholdet av biller i husdyrgjødsel. Jo større mengde beregnet mengde insekticid-rester, jo færre gjødselbiller var det. Forskerne bak studien vurderer dette som en mulig årsak til nedgangen i antall fugler i eng- og beiteområder i Nederland (Bujis m.fl. 2022). Mange kjemiske sprøytemidler er giftige for vannlevende organismer og det registreres ofte mengder som kan gi skadelige effekter på flora og fauna. Dette er konklusjonen av en litteraturgjennomgang utført av Wivstad (2005).

3.5.5 Virkning på jordorganismer

Organismer som kan ta skade av pesticid-rester kan bla. være virvelløse dyr i jorda, organismer som er viktige for omdanning av organisk materiale, frigjøring av næring og jordhelse generelt. Eksempler på virvelløse dyr i jorda er midd, spretthaler, nematoder, meitemark og billelarver.

Forskere i USA har gjennomgått i alt 394 studier fra hele verden, hvor effekter av kjemiske sprøytemidler har blitt undersøkt på slike organismer, både i laboratorieforsøk og i felt (Gunstone m.fl. 2021). I disse forsøkene ble blant annet dødelighet, antall, samlet biomasse, adferd, fruktbarhet, vekst, diversitet og strukturelle endringer i dyra registrert. Studiene omfattet 275 ulike arter av jordorganismer og 284 ulike kjemiske sprøytemidler. Et kriterium for utvelgelse av studier til denne metaanalysen var at disse midlene skulle være tillatt i USA. Bare to av studiene så på blandinger av sprøytemidler, noe som ofte er i bruk i praksis. Mer enn 2 800 enkeltmålinger av effekter ble gjennomgått. Resultatene viste at midlene hadde negativ virkning på 70 % av målingene, mens det i 28 % av tilfellene ikke var noen effekt på jordorganismene. Det ble registrert positiv effekt i 1,4 % av tilfellene, dvs. at et middel hadde positiv effekt på en organisme, f.eks. antall. Dette kan som regel forklares med at middelet hadde negativ effekt på en konkurrerende organisme eller en predator i samme undersøkelse, noe som ga gunstige forhold for andre organismer. Det var insektmidler som gav størst negativ effekt, hvor i alt 75 % av målingene viste negativ effekt på jordorganismene. Ugras- og soppmidler hadde også negativ effekt, særlig på meitemark, nematoder og spretthaler. Dødelighet og fruktbarhet ble mest påvirket av insekt- og soppmidler. Jordorganismenes vekst ble mest påvirket av soppmidler og adferd av insektmidler. Effektene var noe mer omfattende i lab-forsøk enn i feltforsøk.

Nitrogenomsetningen i jorda og ulike arter av *Rhizobium*-bakterier er også følsomme overfor rester av ulike ugrasmidler. Forsøk har vist at bla. organoklorider har en slik negativ effekt. Redusert N-fiksering oppstod som følge av færre antall bakterier og færre rotknoller hvor bakteriene holder til. Dessuten ble selve den kjemiske prosessen i rotknollene redusert. Dette medførte i neste omgang lavere belgvekstavling (Fox m.fl. 2007).

Det fins lite kunnskap om sumvirkningen av blandinger av ulike kjemiske sprøytemidler som blandes når de spres i miljøet. Effekten på det biologiske mangfoldet i vannmiljø av små konsentrasjoner av ugras- og insektmidler har blitt undersøkt i USA. Hver for seg hadde midlene mange ulike direkte og indirekte virkninger på ulike organismer. Blandingen av ugrasmidler drepte nesten alle individene av

en froskeart, men hadde mindre effekt på en annen froskeart. I undersøkelsen konkluderes det med at lave konsentrasjoner av pesticider, både enkeltvis og i blanding, kan påvirke livet i våtmarker.

3.5.6 Utvikling av resistens mot kjemiske sprøytemidler

Skadedyr, sopp og ugras kan bli motstandsdyktige, resistente, mot kjemiske sprøytemidler. Det er per i dag påvist resistens eller nedsatt følsomhet mot kjemiske plantevernmidler hos flere skadedyr, planteskadelige sopper og ugras i norske jord- og hagebrukskulturer (Johansen m.fl. 2017). Etter sesongen i 2017 ble det dokumentert resistens i 10 ulike skadedyr, 14 ulike plantesykdommer og 9 ugrasarter i Norge, f.eks. balderbrå i korn, rapsglansbille i oljevekster og gråskimmel i flere kulturvekster (Fløistad 2018). Sprøytemiddelresistens har vært kjent i Norge siden 1960-tallet, og ble første gang oppdaget på kålflue (Johansen & Nordhus 2004).

Ensidig bruk av sulfonylurea-preparater kan føre til omfattende ugrasresistens, og få steder er problemet så stort som i Norge. Flest tilfeller av resistens er påvist i vassarve. Resistensen hos vassarve ble første gang dokumentert i Østfold i 2003. I tillegg er det påvist høy grad av motstandsdyktighet hos linbendel fra Fræna, vassarve fra Buskerud, balderbrå fra Vestfold, då fra Romerike og stivdylle fra Østfold (Günther 2007).

I prosjektet RESISTOPP har forskere kartlagt situasjonen for resistens i Norge (Dybdal 2022). Det er påvist resistens hos rundt 30 viktige planteskadegjørere her i landet, ikke bare resistens mot enkeltpreparater. I prosjektet fant de f.eks. sopp som kan være resistent mot opptil 5-6 midler.

Globalt er det per desember 2023 registrert resistens mot totalt 168 ulike ugrasmidler hos i alt 269 plantearter. Resistens er registrert i 100 ulike jordbrukskulturer i 72 land (weedscience.org 2023).

3.5.7 Andre negative virkninger

Mykotoksiner (soppgift) kan være et problem i korn. Det er bla. soppene *Fusarium* som produserer ulike mykotoksiner, noen av disse er farlige. Sprøyting mot sopp i ikke-økologisk korndyrking har i mange tilfelle liten effekt på soppene som produserer mykotoksiner. Flere undersøkelser viser at forekomsten av mykotoksiner ikke er større i økologisk dyrka korn enn i konvensjonelt korn (Bernhoft m.fl. 2003, Hoogenboom m.fl. 2006). Veterinærinstituttet har undersøkt 600 prøver av økologisk og ikke-økologisk dyrket korn. De fant at det økologiske kornet hadde lavest innhold av *Fusarium*-muggsopper og andre viktige muggsopper og konkluderte med at manglende vekstskifte og bruk av kunstgjødsel og kjemiske sprøytemidler kunne forklare det høyere innholdet i ikke-økologisk korn (Bernhoft m.fl. 2010).

3.6 Biologisk mangfold

Globalt er den generelle utviklinga i landbruket at dyrkingssystemene stadig forenkles. Ofte dyrkes samme vekst over store, sammenhengende områder. Landskapsvariasjon, vekstskifte og biologisk mangfold reduseres på bekostning av ønsker om effektivisering og lønnsomhet.

Forskere har studert effekter av ulike typer variasjon og mangfold i landbruket. Nærmere 100 meta-analyser av i alt 5 160 prosjekter med nesten 42 000 sammenligninger av ulike dyrkingssystem og

driftsmåter ble gjennomgått (Tamburini m.fl. 2020). Denne studien undersøkte hvilken betydning variasjon har både over og under jorda, og om økt diversitet var en fordel både for produksjonen og for ulike økosystemtjenester. Arbeidet viste at økt variasjon og mangfold kan motvirke de negative effektene på miljøet som ensidige dyrkingssystemer har. I de fleste tilfellene gav større variasjon økt biologisk mangfold, bedre pollinering og større effekt av nytte dyr i regulering av skadegjørere. Tiltak med mål om større variasjon nede i jorda gav bedre vannusholdning, bedre sirkulasjon av næringsstoff og bedre jordfruktbarhet. Mer enn 60 % av sammenligningene viste at det var positiv effekt av økt diversitet både for avlingsnivå og økosystemtjenester. Forskerne konkluderte med at tiltak for økt variasjon i landbruket kan bidra til å bevare det biologiske mangfoldet og til bedre matsikkerhet både lokalt og globalt.

Fravær av kjemisk/syntetiske stoffer i økologisk landbruk er en annen årsak til at det ofte kan konstateres et større biologisk mangfold ved økologiske landbruksmetoder enn i ikke-økologisk landbruk (Tuck m.fl. 2014, Bengtsson m.fl. 2005, Hole m.fl. 2005).

Landbruket er viktig for det biologiske mangfoldet i kulturlandskapet. Mange arter av fugl, planter og sopper er direkte knyttet til landbruksarealer og er sårbare for endringer i driftsopplegget. I Norge står mer enn 1 000 arter knyttet til jordbrukslandskapet på Nasjonal rødliste over arter som er truet av utryddelse. Driftsformen påvirker også variasjonen i kulturlandskapet.

Fugler gir et godt bilde på naturens "helsetilstand". Mange arter er knyttet til jordbrukslandskapet. Ensidig drift, tidlig høsting av gras, fjerning av grøfter, dammer og åkerholmer ødelegger leveområdene for fuglene. Bruk av kjemisk-syntetiske sprøytemidler virker negativt, direkte ved at fugler forgiftes og indirekte ved at tilgangen på føde i form av ugrasfrø, edderkopper og insekter, reduseres.

Jordbruk som gir mulighet til et stort biologisk mangfold, kan beskrives slik:

- ❖ variert vekstskifte, med stor andel av flerårige vekster og ulike arter sammen
- ❖ jorda inneholder mye organisk materiale eller tilføres organisk gjødsel i avpassede mengder
- ❖ ingen bruk av kjemisk/syntetiske sprøytemidler
- ❖ lite jordarbeiding
- ❖ stor andel kantsoner i forhold til dyrka areal
- ❖ permanente beiter, uten tilførsel av nitrogen
- ❖ variert landskap, både i stor og liten skala

I økologisk drift legges det vekt på at biologisk mangfold er viktig og nyttig, både i form av et allsidig kulturlandskap, allsidig vekstskifte og samplanting, som grunnlag for forebyggende plantevernmetoder, foruten sortsvalg og husdyrraser. Det brukes ikke lettløselig nitrogengjødsel og kjemisk-syntetiske sprøytemidler. I stedet arbeider man med naturen for å holde skadegjørere i sjakk og oppnå god avling, blant annet ved å legge til rette for et stort biologisk mangfold. Ved å legge til rette for nytte dyr for å kontrollere skadegjørere kan en unngå å bruke kjemisk-syntetiske sprøytemidler.

Resultater fra tre metaanalyser viser at det jevnt over blir observert flere individer og arter av fugler, insekter, edderkopper og planter i økologisk sammenlignet med i ikke-økologisk drift. Det er størst forskjell mellom de to driftsmetodene i intensive åkerlandskap. Hovedårsaken til forskjellene mente forskerne var mer allsidig vekstskifte, større variasjon i landskapet, lavere nitrogen gjødsling og ingen bruk av kjemisk/syntetiske sprøytemidler (Rahmann 2011, Sanders & Hess 2019, Tuck m.fl. 2014).

Det er gjort få undersøkelser av biologisk mangfold i Norge mht. effekt av ulike driftsformer, men også her er det funnet forskjell mellom økologisk og ikke økologisk produksjon, blant annet gjelder det planter og fugler. I en norsk undersøkelse ble antall arter av karplanter registrert på økologiske og ikke-økologiske gårder på Østlandet med ensidig korndyrking, kombinert eng og korn eller dominerende engdyrking (Sjursen 2001). I korn ble det registrert 118 arter ved økologisk dyrking, 81 arter ved ikke-økologisk dyrking på gårder med både korn og eng, og 83 arter i ikke-økologisk dyrking på gårder med ensidig korn. I eng ble det registrert 106 arter ved økologisk drift og 70 arter ved ikke-økologisk drift. Diversitetsindeksen beregnes ut fra både artsantall og dekningsgrad for de ulike artene. I engfeltene var denne indeksen høyest ved økologisk drift. Sjursen (2001) konkluderer med at økologisk drift fremmer det biologiske mangfoldet. De økologiske feltene var omlagt til økologisk drift minst 6 år før registreringene ble gjort.

I en norsk undersøkelse på økologisk og konvensjonelt areal i Stange kommune ble det påvist et høyt antall fuglearter i kulturlandskapet, 61 i alt (Hegland 1997). Det ble registrert 43 hekkende par/km² på økologisk og 26 på konvensjonelt areal. På konvensjonelt areal var tettheten av bokfink, sanglerke og gråtrost 89, 83 og 77 % av tettheten på økologisk areal, målt i antall par per km². For gråspurv og gulspurv var forskjellen enda større, med 52 %. Størst var forskjellen for grønnfink, hvor det var tre ganger så mange par på økologisk areal som på ikke-økologisk areal.

Løpebiller og kortvinger er nyttige rovinsekter som lever på jordoverflata. Målinger av aktivitet og diversitet blant disse ble utført i tida ved omlegging til økologisk drift på Frydenhaug-jordet (1992-1996) på Ås og i dyrkingssystemforsøket på Apelsvoll på Toten (1989-1996). Positiv effekt av omlegging ble registrert for mange løpebillearter og en kortvingeart. Den positive effekten kan delvis forklares med økning i antall arter ugras. Omleggingen forårsaket negativ effekt på flere andre kortvingearter, noe som forklares med økt konkurranse fra løpebillene (Andersen & Eltun 2000).



Bilde 2. Artsrik eng på Tingvoll. Foto: H. Schjøberg

4 Hvor trenger vi å tenke nytt?

For å sikre en fortsatt bærekraftig utvikling må økologisk landbruk ta nye grep for å tilpasse seg dagens økologiske utfordringer. Næringsforsyning, global oppvarming, energiproduksjon og energiforbruk og matforsyning er områder hvor det i dagens situasjon er spesielt viktig å tenke nytt på grunn av globale, nasjonale og lokale utfordringer knyttet til disse områdene. Dette gjelder også for økologisk landbruk.

4.1 Plantenes næringsforsyning

I naturlige økosystem blir næringsstoffene tatt godt vare på og går inn i et kretsløp som gjør at det ikke trengs tilførsel utenfra. Det er også et mål for det økologiske landbruket å bli mest mulig selvforsynt med næring. Imidlertid eksporteres det næring fra gården i form av grønnsaker, poteter, korn, melk, kjøtt og annet. Det er et ideal å kunne resirkulere næringsstoff fra storsamfunnet tilbake som gjødsel, men dette er utfordrende der det ikke er et lite og kjent kretsløp.

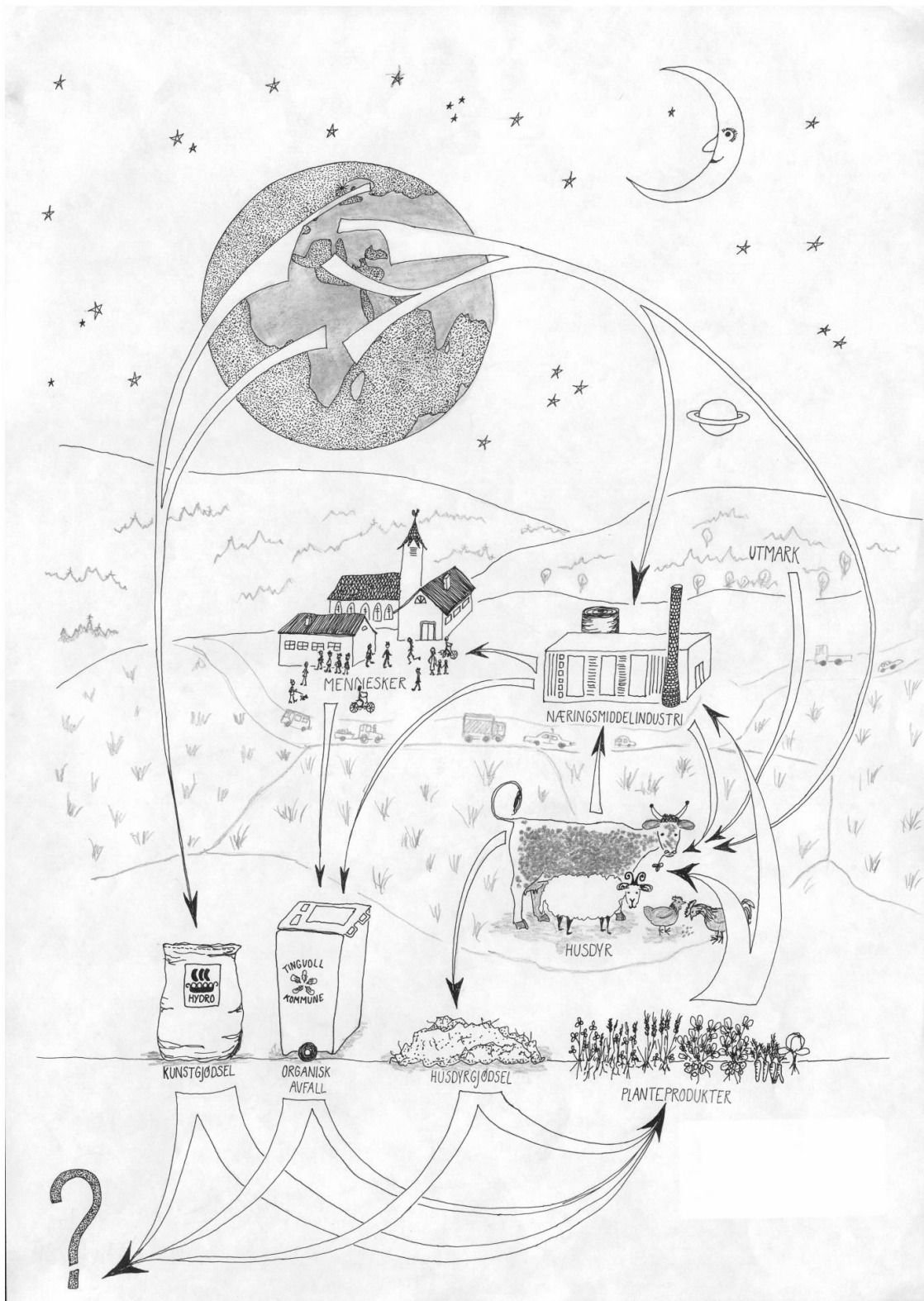
DebioInfo har gjort en spørreundersøkelse blant ulike produsenter som driver økologisk (DebioInfo 2023). Undersøkelsen viser at det er ca. 1/3 av produsentene som bare bruker gjødsel fra økologisk landbruk. Det er både små og store produsenter, hagebrukere og husdyrbrukere. Resultatene beskriver ikke hvor stor andel av arealet som har blitt gjødslet med gjødsel fra økologisk landbruk og hvor stor del som har fått ikke-økologisk gjødsel. Hønsegjødsel og bløtgjødsel fra enten storfe, småfe eller gris er de vanligste gjødselslagene av ikke-økologisk opprinnelse.

Det virker som det brukes mer ikke-økologisk gjødsel nå enn før, men vi har ikke godt nok datagrunnlag til å bekrefte dette. En mulig årsak til en stigning i bruken av ikke-økologisk gjødsel kan være et ønske om å øke avlingsnivået og bedre økonomien. Samtidig trengs det god kunnskap om økologisk landbruk og dialog med bonden for å få en god gjødslingsplanlegging tilpasset økologisk drift (Maud Grøtta Pers. med. høst 2023). Det er sterkt ønskelig med et gjødslingsplanleggingsprogram som er designet for økologisk landbruk.

Bruk av ikke-økologisk husdyrgjødsel har utfordringer fordi rester av pesticider og medisiner som ikke er godkjent i økologisk landbruk kan bli med på kjøpet (Serikstad m.fl. 2012). Bruk av ikke-økologisk husdyrgjødsel er også betenkelig da det gjør økologisk landbruk avhengig av et ikke-økologisk landbruk. Dette kan også betraktes som en grønnvasking av husdyrgjødsel fra ikke-økologisk landbruk. For å kunne redusere behovet for ikke-økologisk husdyrgjødsel er det viktig å ta best mulig vare på de næringskildene som finnes på gården. På mange økologiske gårder kan det iverksettes tiltak for å utnytte næringskildene på gården bedre enn det som gjøres i dag ved å forbedre husdyrgjødsel-handteringa, ha et vekstskifte hvor overskuddsnæring fra en vekst kan hentes opp av den neste, utnytte grønnmasse, halm og annet organisk materiale bedre og legge bedre til rette for belgvekster og deres samarbeid med *Rhizobium*-bakterier for binding av nitrogen fra lufta. I tillegg er det aktuelt å ta i bruk nye gjødselkilder som er økologisk akseptable.

Nedenfor vil vi diskutere/beskrive noen aktuelle gjødselkilder og hvordan de kan utnyttes bedre. Det finnes mange flere gjødselkilder, men vi har valgt å gå nærmere inn på disse fordi det er kilder som kan bli tilgjengelige i større målestokk i Norge.

4.1.1 Tilbakeføring av næringsstoff fra samfunnet



Figur 5. Globalt og lokalt kretsløp av næringsstoff i vårt moderne samfunn. A. de Boer, Økologisk Jordkultur (1999).

Mye næring blir borte på veien ved resirkulering av næringsstoff fra storsamfunnet. Det som samles opp i form av planterester, kompostert husholdningsavfall, kloakkslam og rester fra næringsmiddelindustri kan inneholde mange «nisser på lasset» i form av hormonhermere, tungmetall, mikroplast og rester av pesticider, medisiner og andre kjemikalierester (McKinnon 2021, McKinnon m.fl. 2021, Schleiffer & Speiser 2022). Laursen (2022) har reflektert rundt økologiens paradoks ved resirkulering fra et samfunn som ikke er basert på økologiske prinsipper. Det gjelder også plantenæringsstoff.

Fra forskning og praktisk dyrking er det kjent at bruk av husdyrgjødsel, høy, halm, grasklipp, kompost eller vinasse (restprodukt fra sukkerproduksjon) med rester av pesticider har ført til misvekst på planter. Selv i svært lave konsentrasjoner kan enkelte stoffer føre til vekstforstyrrelser i form av unormal vekst eller plantedød.

I et norsk forsøk ble tomat- og erteplanter tilført flytende organisk gjødsel som inneholdt det virksomme stoffet klopuralid (McKinnon 2021). Stoffet kan føres tilbake til et ugrasmiddel som blant annet brukes i ikke-økologisk sukkerbeteproduksjon. Vinasse fra sukkerproduksjonen har i sin tur blitt brukt som basis for ulike gjødselprodukter. I forsøket fikk plantene tilført gjødselen i ulike konsentrasjoner. Ved laveste gjødselstyrke fikk erteplantene en unormal strekningsvekst. Tomatplantene utviklet betydelig færre blomsterklaser og blomster, og fruktene som ble dannet hadde dårlig utvikling av frø. Med sterkere gjødselstyrke ble både erte- og tomatplantene sterkt skadet eller de døde (Bilde 3).



Bilde 3. Test av gjødsel godkjent for økologisk drift. Den røde ringen viser en tomatplante som har blitt gjødslet med en gjødsel produsert av vinasse fra ikke-økologisk beteproduksjon. Gjødselen inneholder ugrasmiddelet klopuralid og er et eksempel på en uønsket «nisse på lasset» (McKinnon 2021). Foto: K. McKinnon

En systematisk litteraturgjennomgang gjort av Bünemann m.fl. (2024) viser at mengden uønskede stoffer i kloakkslam og kompostert husholdningsavfall er mindre enn tidligere, og forfatterne oppfordrer til økt resirkulering fra storsamfunnet også i økologisk landbruk. De stadfester at alle råstoffkilder trenger en kritisk gjennomgang før de brukes som gjødsel og foreslår at det brukes et sett av kriterier for godkjenning av gjødsel fra ikke-økologiske kilder til bruk i økologisk landbruk. Et slikt sett av kriterier er foreslått av Bünemann m.fl. (2022):

1. Før innkjøp av ekstern gjødsel, bør gårdsintern resirkulering og/eller samarbeid mellom økologiske gårder maksimeres.
2. Ekstern gjødsel bør stamme fra resirkulering av næringsstoffer (i stedet for å utvinne begrensede ressurser eller syntetisere N fra lufta via den energikrevende Haber Bosch-prosessen).
3. Gjødselproduksjonsprosessen skal ha lav miljøpåvirkning (som angitt av standard LCA).
4. Gjødselen skal ikke skade jorda og ideelt sett være gunstig for jordkvaliteten.

Det kreves streng kontroll og fortsatt en del forskning for å kunne avklare de to siste punktene. Spesielt kan halogenerte hydrokarboner utgjøre en stor risiko (Bünemann m.fl. 2024). Halogenerte hydrokarboner er organiske forbindelser hvor ett eller flere hydrogenatomer er erstattet med halogenatomer (det vil si fluor, klor, brom eller jod). Mange halogenerte hydrokarboner er miljøgifter (Store norske leksikon 2023).

4.1.1.1 Humanurin

En stor potensiell gjødselkilde er humanurin. Der urin blir stående felles det ut et stoff som heter urinstein eller struvitt. Det finnes nå metoder til å hente ut dette biologisk fra renseanlegg (Eikås m.fl. 2018). Det er et ammoniummagnesium-fosfat. Det inneholder dermed både nitrogen, magnesium og fosfor. Det er funnet god gjødsleffekt av struvitt både i forsøk på Tingvoll gard (NORSØK) og i utlandet (Rittl m.fl. 2019).



Bilde 4. Gjødsling med struvitt i feltforsøk på Tingvoll gard. Foto: A. de Boer

Struvitt er godkjent fra 2023 til bruk i økologisk landbruk i EU og dermed også i Norge (Mattilsynet 2023b). Det er imidlertid ennå ikke kommersielt tilgjengelig i Norge. Det er et resirkulert produkt som ikke kommer fra konvensjonelt dyrehold og kan bidra til å flytte fosfor og nitrogen fra vassdrag til jordbruket. Struvitt ligner imidlertid på kunstgjødsel da det er et mineralsk produkt og har ikke med seg en pakke av organisk materiale.

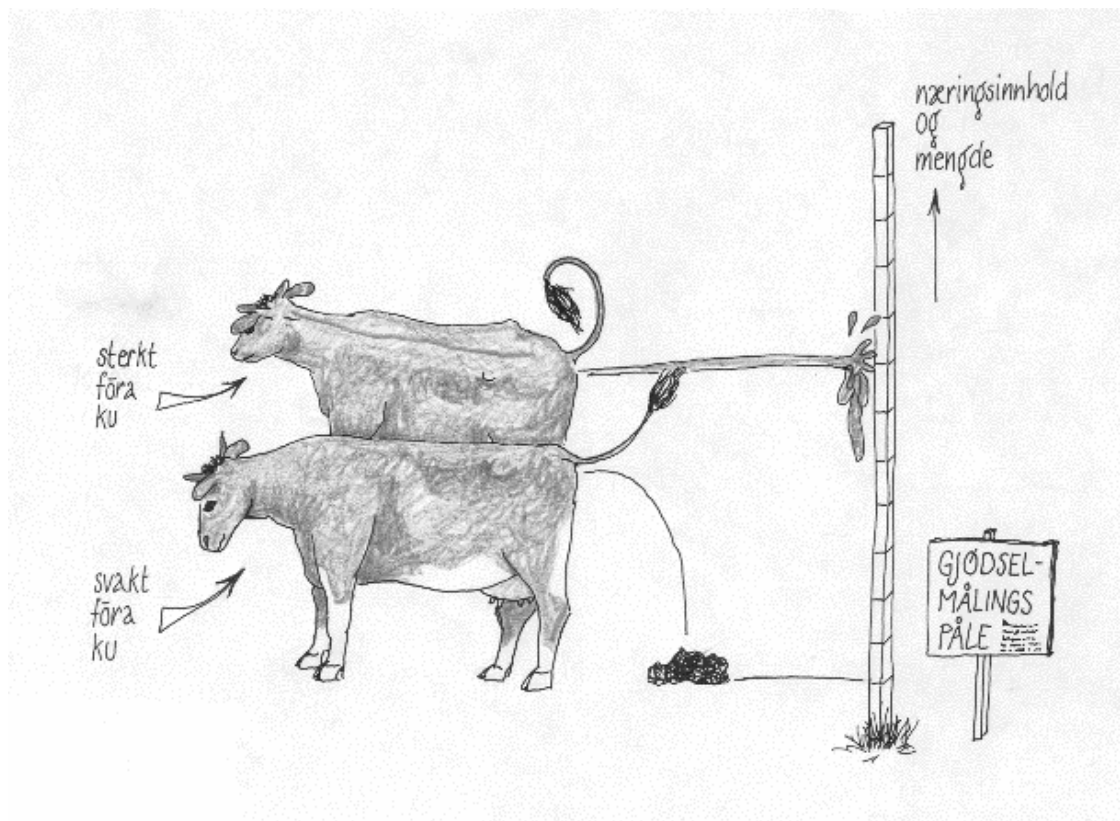
4.1.1.2 Husholdningsavfall

Det er tillatt å bruke kompostert eller anaerobt gjæret biologisk avfall fra vanlige husholdninger og storhusholdning i økologisk landbruk (Mattilsynet 2023b). Det må være framstilt av kildesortert biologisk avfall som er kompostert eller har gjennomgått anaerob gjæring med henblikk på biogassproduksjon. En blanding av både vegetabilsk og animalsk husholdningsavfall er tillatt. Råtnerest som dannes ved anaerob gjæring, vil gi en raskere gjødseleffekt enn kompostert materiale, mens komposten kan tilføre verdifulle stabile, organiske forbindelser som bedrer jordas fruktbarhet på lengre sikt og er spesielt verdifullt i sandjord. Gjødseleffekten vil også bli påvirket av utgangsmaterialet. Dersom utgangspunktet er næringsrikt vil kompost/råtnerest ha en større og raskere gjødseleffekt enn om det er næringsfattig materiale som behandles. Både kompost og råtnerest kan ha en veksthemmende effekt og det er lurt med enkle gjødselforsøk med det aktuelle produktet før det brukes i stor målestokk.

En utfordring er at både kompost og råtnerest kan inneholde uønskete stoffer, som tungmetaller, organiske miljøgifter, smittestoffer, plastrester og medisinerester. Noe av dette brytes ned i biogassprosessen, men noe vil overføres til råtneresten. Derfra kan disse stoffene ende opp i jord og vann og i organismer som lever i slike miljø (Serikstad 2016). Det er derfor viktig at produktet sjekkes grundig for uønskede stoffer før det godkjennes og tas i bruk i økologisk landbruk.

4.1.2 Gårdens egen husdyrgjødsel

Det er ulike meninger om hva som er den beste gjødselhandteringen for husdyrbruk som drives økologisk. Noen foretrekker skilt lagring av fastgjødsel og urin, med kompostering av den faste gjødsla, mens andre ønsker talle eller bløtgjødselhandtering. Tilpassing til lokale forhold og strukturen på gjødsla er viktig. I de siste åra har det blitt stadig vanligere med bløtgjødselhandtering for både storfe, småfe og gris. En av årsakene til det er sterkere føring slik at den faste gjødsla blir mye bløtere og vanskeligere å skille. Ei ku som melker over 8 000 liter i året vil for eksempel ha en mye bløtere gjødsel enn ei ku som melker 6 000 liter.



Figur 6. Valg av fôringsstrategi betyr mye for både næringsinnhold og struktur i husdyrgjødsel. A. de Boer, Økologisk Jordkultur (1999).

Noen har begynt å separere bløtgjødsel for å få fast gjødsel som kan komposteres og brukes i åker. Fordi den faste gjødsel har et mye høyere innhold av tørrstoff og fiber enn vanlig fastgjødsel er dette også et mulig alternativ til torv i oppalsjord. NORSØK arbeider med slike problemstillinger (K. McKinnon pers. med. 2023).

Næringsstoffene er ulikt fordelt i den faste og den flytende delen av gjødsel. I den faste delen finner vi det meste av næringsstoffene som er organisk bundet, men også noe næringsstoff som er mer lettøselig. Kalium, ammoniumnitrogen og sulfat er det mye av i urinen, mens det meste av fosfor, kalsium, magnesium og organisk bundet nitrogen og svovel er i den faste delen av gjødsel. Det er også stor forskjell mellom gjødsel fra de ulike dyreslagene. Mest næringsrik er hønsegjødsel, deretter småfe, gris, ku og hest. Dette er det viktig å ta hensyn til ved gjødslingsplanlegging. NIBIO har utarbeidet en oversikt over gjennomsnittlig næringsinnhold i ulike gjødselslag. Denne fins på deres hjemmesider (Kristoffersen 2023a).

4.1.2.1 Nitrogentap kan reduseres

Det er ikke nok å vite hvor mye plantenæringsstoff som er i gjødsel. Den må også håndteres og spres slik at plantene kan nyttiggjøre seg den. Nitrogen tapes lett fra flytende gjødsel. Det kan bli store tap av ammoniakk fra åpent gjødsellager med tilførsel av ny gjødsel ovenfra, særlig på varme dager. Størst blir tapet når det er stor overflate i forhold til dybden på gjødsellageret. Tak over gjødsellageret eller tilførsel av ny gjødsel i bunnen av lageret slik at det dannes skorpe på toppen, vil redusere ammoniakk-tapet. Størst tap skjer imidlertid rett etter spredning av gjødsel på jordene.

Dersom gjødsla spres med breispreder i sol og vind kan mesteparten av det lett tilgjengelige nitrogenet tapes som ammoniakk.

De fleste prøver å unngå å spre bløtgjødsel i sol og vind, men mange finværsdager og mye møkk som skal ut kan gjøre det vanskelig å lykkes med det. I åpen åker kan gjødsla raskt moldes ned, men i eng kan det bli skorpeskade og store tap av ammoniakk om gjødsla blir liggende på overflaten og utsatt for sol og vind. Nedfeller er et godt alternativ i områder med lite regn. Ammoniakk tapes ikke under spredning, men etter at gjødsla har nådd bakken. Rask infiltrasjon ved porøs jord og lettflytende gjødsel gjør derfor at tapene blir mindre. Når gjødsla fortynnes med mye vann blir også ammoniakksentrasjonen i gjødsla mindre, og mindre ammoniakk fordampes.

4.1.2.2 Spredemetoder kan redusere tap

Stripespredere legger gjødsla på bakken og ikke på plantene. Dette reduserer også ammoniakktapet. Mange har erfart at kombinasjonen vanninnblanding, stripespreder og slepeslange har økt gjødselverdien av bløtgjødsel betydelig. Ved god logistikk er det mulig å få spredd store mengder gjødsel på kort tid med bruk av slepeslange. Det betyr at det er lettere å få spredd gjødsla når været er laglig, og at en kan unngå kjøreskader av tunge tankvogner og traktorer. NIBIO har laget en tabell over antatt virkningsgrad ved ulike spredetidspunkt og spredemåter (Kristoffersen 2023a) og nitrogenkalkulator for husdyrgjødsel hvor nitrogenets antatte skjebne er oppgitt (Kristoffersen 2023b). Det er en stor usikkerhet i disse beregningene, men kalkulatoren illustrerer på en god måte hvor mye spredetidspunkt og spredemåter betyr for å unngå tap av nitrogen både ved ammoniakfordamping og utvasking.



Bilde 5. Der det ligger til rette for bruk av slepeslanger kan bonden få spredd husdyrgjødsla uten bruk av stor, tung gjødselvogn som gir jordpakking. Foto: R. Bergslid

4.1.2.3 Ikke for store mengder på en gang

Det blir også bedre gjødseffekt dersom det tilføres små mengder husdyrgjødsel en eller flere ganger årlig enn om det tilføres mye på en gang, og best gjødseffekt om gjødsla spres i vekstsesongen (vår/sommer). Ved høstspredning greier ikke plantene å ta opp næringsstoffene i gjødsla da de ikke lenger er i aktiv vekst. Dersom det spres mye gjødsel om høsten og det regner kraftig etterpå kan mye av næringen vaskes ned i nærmeste bekk. Om mulig, gi mest gjødsel til den jorda som ligger lengst vekk fra fjøset eller av andre grunner har fått lite husdyrgjødsel tidligere. Noen har satellittlager, der utkjøring og lagring av gjødsla skjer høst og vinter. Når våren kommer, er det raskt å spre gjødsla på hele gården. Dette er ypperlig i kombinasjon med slepeslange. Nabosamarbeid og bytte av gjødsel kan redusere kjøringa betraktelig (Bergslid 2020). Ved spredning av små mengder bløtgjødsel årlig er det ikke avgjørende at den er helt jevnt spredd hver gang, men at det over tid blir et jevnt spredebilde. Dette fordi gjødsla, i tillegg til ammoniumnitrogen som virker raskt, inneholder organisk nitrogen, organisk materiale og andre næringsstoff som bygger opp jordas fruktbarhet over tid.



Bilde 6. Effektiv drift og store gjødselmengder fører ofte til bruk av stort, tungt utstyr. Foto: R. Bergslid

4.1.3 Kompostering

Kompostering kan være en god måte å foredle husdyrgjødsel og annet organisk materiale til å bli et godt jordforbedringsmiddel (Azim m.fl. 2018). Ved uheldige komposteringsmåter kan det imidlertid bli store tap av nitrogen enten ved gasstap eller utvasking, og det kan slippes ut mye klimagasser som metan og lystgass (Pardo m.fl. 2015, Hansen m.fl. 2021a). Det er stor diskusjon om hva som er den beste komposteringsmåten og det er skrevet mange bøker og veiledninger om temaet (se for eksempel Amlinger m.fl. 2009, Bernal m.fl. 2017, Azim m.fl. 2018, Blytt 2016, Bysveen 2023a, Rodhe m.fl. 2015).

Pommeresche m.fl. (2011) har laget en god oppsummering. De viktigste faktorene er oksygen (men ikke for luftig), allsidig sammensetning, passe fuktighet (knyttneveprøven) og temperatur (55-65 °C). Ved kompostering skjer det en nedbryting av organisk materiale og det dannes varme. En ferdig omdannet kompost har dermed mindre energi enn ferskt organisk materiale før kompostering og det er mange som i stedet ønsker at det organiske materialet overføres direkte til jorda slik at organismene der kan få glede av det. Ved overflatekompostering eller direkte innblanding går en imidlertid glipp av hygienisering av det organiske materialet da det trengs 55 °C over en viss tid for å sikre at patogene organismer blir drept (se f.eks. Bernal m.fl. 2017).



Bilde 7. Det er viktig å følge med på temperatur, fuktighet og utvikling av CO₂ i komposteringsprosessen. Her vises knyttneveprøven. Massen skal være akkurat så fuktig at det kan presses ut noen dråper med vann. Foto: R. Pommeresche

4.1.4 Grønnmasse

Enga regnes ofte som motoren i det økologiske jordbruket. Det er fordi eng i vekstskiftet øker moldinnholdet, bedrer jordstrukturen og gjør jorda mer fruktbar for vekstene som kommer etter. I områder med lite eller ingen husdyr dyrkes det kortvarig eng som brukes til grønn gjødsel. Bruk av fangvekster og undersådde vekster er også en måte å hindre utvasking av nitrogen og samtidig forbedre jordas fruktbarhet. En blanding av belgvekster og ikke-belgvekster vil være gunstig. Dette

fordi belgvekstene via den biologiske nitrogenbindinga bedrer jordas fruktbarhet samtidig som en ikke-belgvekst (f.eks. raigras) hindrer utvasking av nitrogen. En slik blanding har vist seg å ikke føre til mer nitrogenutvasking enn der det bare brukes en ikke-belgvekst (Hansen m.fl. 2019). Det er viktig i vårt klima at plantene er frostherdige da det ellers kan frigjøres mye næring i løpet av vinteren på grunn av raske skifter mellom frysing og tining. Denne næringa kan forsvinne ved overflateavrenning og erosjon og den kan vaskes ut. Nitrogenforbindelser kan også tapes som gass. Bysveen (2023b) gir en god innføring i bruk av fangvekster til grønnsaker.

Hvordan behandler vi grønnmassen fra grønn gjødsel-eng, fangvekster og underkultur på en best mulig måte? Ved tilbakeføring av store mengder grønnmasse til jorda blir det stor biologisk aktivitet og raskt anaerobe forhold, samtidig tilføres mye biologisk aktivt nitrogen og energi. Dette kan føre til store utslipp av lystgass og fare for N-tap også gjennom utvasking (Abalos m.fl. 2022, Hansen & Frøseth 2019). Et tiltak for å unngå utvasking er høy stubbing og bruk av bladrikt plantemateriale som fôr eller tilskudd til kompost eller biogassanlegg og senere tilbakeføring til jorda som næring. De mest stabile karbonforbindelsene finnes i røttene (Bleken m.fl. 2022) og vi vil uansett tilbakeføre mye næring til jorda med røtter og stubb. I et forsøk i Tyskland testet de ulike behandlinger av grønt plantemateriale fra kortvarig eng med kløver og gras (kløvergras) som gjødsel til raigras. Det ble gjødslet med ferskkuttet, ensilert, kompostert eller biorest fra anaerob gjæring av kløvergras i et biogassanlegg (Benke m.fl. 2017). Biorest og kompostert kløvergras ga henholdsvis høyest (64 %) og lavest (6 %) utnyttelse av tilført nitrogen. Plantene tok opp dobbelt så mye nitrogen fra ferskkuttet og ensilert kløvergras som kompostert kløvergras. Kompostert kløvergras kan likevel ha en god virkning på jorda, men gir ingen rask gjødseleffekt (Pedersen & Løes 2023).

Overflatekompostering av røtter og stubb er en lovende måte å avslutte levende plantedekke på som det nå arbeides med i form av regenerative metoder. Det ser ut til å gjenstå litt mer utprøving ved ulike jordarter og klimaforhold før en kan komme med entydige anbefalinger for praksis som sikrer gode vekstforhold for etterfølgende vekst. Et problem kan være at fangveksten ikke dør skikkelig og kommer igjen som ugras i kornet (Holten m.fl. 2023).

I Byggro-prosjektet ble det i fire feltforsøk med grønn gjødsel til korn undersøkt ulike strategier for behandling av grønnmassen med tanke på best mulig utnytting av næringen og dermed også minst mulig forurensning (Hansen & Frøseth 2013, Frøseth m.fl. 2014). Etter slått av helårs grønn gjødsel ble grønnmassen enten hakket og tilbakeført på jorda, fjernet helt eller delvis tilbakeført året etter som gjødsel i form av råtnerest etter omdanning i et biogassanlegg. Forsøkene ble utført på ulike jordtyper og på steder med ulikt klima, Stjørdal, Ås og Toten. Resultatene fra prosjektet ble oppsummert slik: Grønn gjødsel på næringsfattig jord, som brukes for å øke jordfruktbarheten, kan helt eller delvis tilbakeføres. På lett jord kan dette føre til utvasking og der anbefales ikke dette, heller ikke på tyngre jord dersom det er regnfullt klima. Bruk av grønnmassen som fôr til drøvtyggere vil være en god løsning der samarbeid med husdyrprodusenter er mulig, og hvor husdyrgjødsel kan tas i bytte. I områder uten husdyr kan kompostering eller biogassgjæring være aktuelle metoder for å kunne bruke plantenæringen i grønnmassen til gjødsel året etter (Hansen & Frøseth 2013).

Bruk av grønnmasse



Figur 7. Ved å skille mellom topp og rot kan det bli en god utnytting av kløver eller grønn gjødsel samtidig som det blir mye lavere risiko for utslipp av lystgass.

4.1.5 Biologisk nitrogenbinding

Biologisk nitrogenfiksering er naturens egen gjødsel-fabrikk (Serikstad m.fl. 2013) og har vært helt avgjørende for utvikling av økologisk landbruk og mulighet til å kunne klare seg uten kunstgjødsel (nitrogen som er gjort plantetilgjengelig via industrielle prosesser). Plantetilgjengelig nitrogen blir produsert i belgvekstenes rotknoller i samarbeid med bakterier som gjør nitrogen i lufta plantetilgjengelig. Flesteparten av disse tilhører slekten *Rhizobium*. Lufta inneholder 78 % nitrogen, men dette nitrogenet er bundet som molekylært nitrogen (N_2) og er ikke tilgjengelig for planter. Omdanning av luftas nitrogen til plantetilgjengelig form er svært energikrevende, i fabrikkframstilling kreves energi tilsvarende ca. 1 kg olje til produksjon av 1 kg plantetilgjengelig nitrogen. Bakteriene bruker karbohydrater fra belgvekstene som energi, til gjengjeld får plantene nitrogen tilbake. I motsetning til ved industriell binding slippes det omtrent ikke ut lystgass i selve prosessen ved biologisk binding av nitrogen ved hjelp av belgvekster (Rochette & Janzen 2005). Selv om nitrogenet stammer fra biologisk nitrogenbinding vil nitrogen som finnes i planter og organismer være like tilgjengelig for nedbryting og omdanning og dermed frigjøring av lystgass som annet nitrogen og må behandles på samme måte for å unngå store utslipp av lystgass (se 4.4.1 og 5.1.4).

Globalt skaffer biologisk nitrogenbinding i landbruket nesten halvparten så mye plantetilgjengelig nitrogen som verdens gjødsel-fabrikker gjør per i dag. Da nye metoder revolusjonerte jordbruket på 1800-tallet, var belgvekster en viktig del av vekstskiftet. Deres samliv med *Rhizobium*-bakterier, og dermed nitrogenproduksjon, var helt vesentlig for de økte avlingene som ble oppnådd. I framtida kan belgvekster bli stadig viktigere med tanke på å redusere utslipp av klimagasser og lagring av karbon i jord.

Du kan kontrollere at det virkelig fikseres nitrogen i knollene ved å grave opp røttene. Er knollene rødfarget/lakserosa inni, er bakteriene aktive (Pommeresche & Hansen 2017).



Bilde 8. Rhizobium-knoller på ei ung hvitkløverplante til venstre og ei ung rødkløverplante til høyre. Foto: S. Hansen

Beregninger viser at belgvekster årlig kan samle 8 - 12 kg nitrogen per dekar ulike steder i Norge (Serikstad & Sturite 2022). For å bevare kløveren i enga er det viktig å unngå sterk gjødsling da den ellers lett blir utkonkurrert av graset. Der kløveren går ut kan isåing av ny kløver eller fornying av enga bidra til bedre nitrogenforsyning.

Norsk landbruksrådgivning (NLR) har de siste årene hatt observasjonsfelt over hele landet med engbelgvekster i reinbestand. Dyrking i reinbestand anbefales ikke i praktisk bruk, men ble valgt for å kunne studere artene og sortene hver for seg (Serikstad & Sturite 2022). Resultatene viste at engbelgvekster kan trives og samle nitrogen over hele landet, men at valg av art og sort er viktig for å oppnå et godt resultat. Såtidspunkt, jordfuktighet, pH, nitrogen tilstand i jorda og overvintring har betydning for etablering og dermed avlingspotensiale. Bruk av engbelgvekster krever kanskje litt tålmodighet. På flere av feltene etablerte noen av vekstene seg dårlig i starten, men tok seg godt opp etter hvert. Engbelgvekster er kjent for et stort rotsystem, ikke minst kan luserne danne dype røtter. Flere av landbruksrådgiverne som deltok i forsøket merket seg at ettervirkningen av belgvekstene var god i form av bedre jordstruktur og bedre vekst på kulturen der forsøksfeltet hadde vært. Se Serikstad & Sturite (2022) for en oppsummering av hvordan ulike belgvekstarter og sorter greide seg ulike steder i landet.



Bilde 9. Ei god kløvereng er et viktig bidrag til jordas fruktbarhet og gårdens nitrogenforsyning. Her er det gårdbruker Kluge og landbruksveileder Jørgensen som undersøker kløveren. Foto: S. Hansen

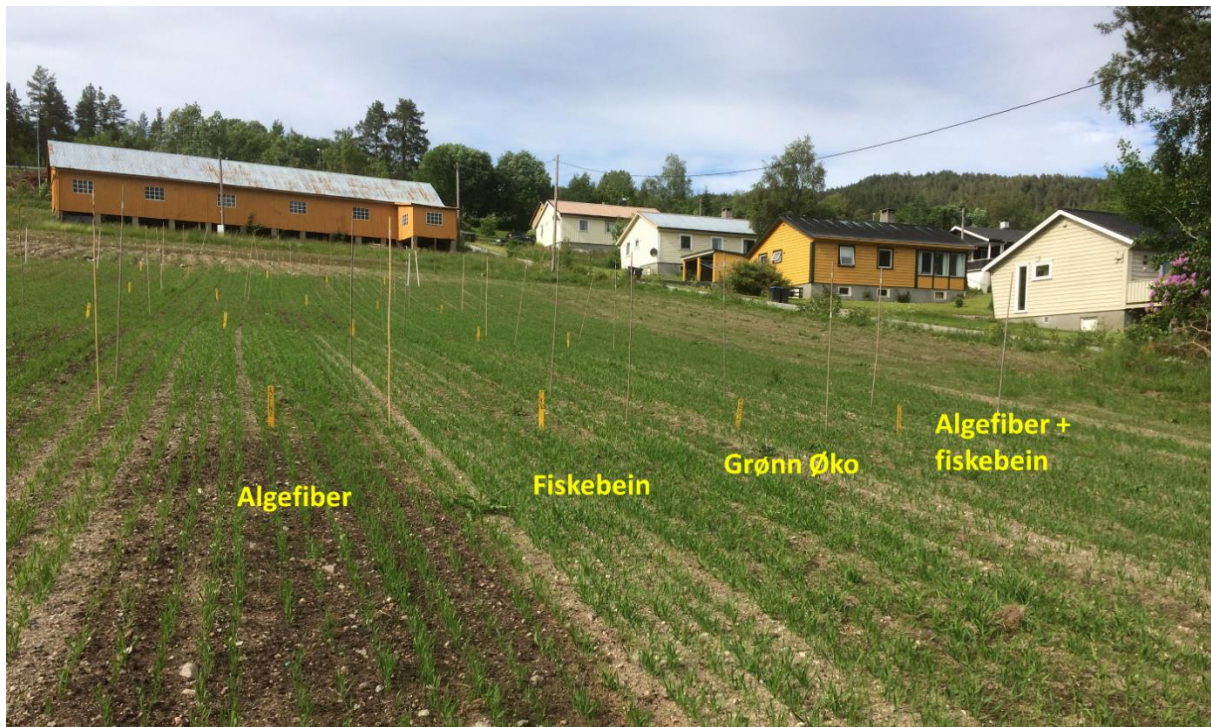
4.1.6 Gjødning fra havet

Organisk materiale fra havet, som rester av fisk og andre sjødyr, tang og tare, har fra gammelt av blitt brukt til både fôring av husdyr og gjødning av jordbruksvekster langs kysten. Det er betydelige mengder med restråstoff fra marin industri som kan brukes til gjødning, både fra villfanget fisk og makroalger. En kartlegging av mengder og tilgjengelighet av restråstoffer innen blå og grønne verdikjeder har vist at det bare i Møre og Romsdal er ca. 65 000 tonn med restråstoff tilgjengelig fra hvitfisk hvert år (Løes m.fl. 2020). Dette råstoffet blir imidlertid dårlig utnyttet. Mye næringsrikt materiale går fortsatt tapt ved forbrenning og langt mer restråstoff fra fisk kunne vært landet hvis det hadde et bruksområde på land.

Beinrikt avfall fra hvitfisk er rikt på nitrogen (N) med svært rask gjødselvirkning. Avfallet inneholder også store mengder fosfor (P) og kalsium (Ca), som også er viktige plantenæringsstoff. Det er økende interesse for brunalger (tang og tare) til fôr og andre formål, og dyrking av alger vil skape restråstoff som kan brukes til gjødning. Brunalger inneholder store mengder kalium (K), magnesium (Mg) og en del svovel (S) og kompletterer dermed beinrikt avfall av fisk på en svært god måte med tanke på at planter trenger mye N, P, K, Ca, Mg og S for å vokse. I Norge er det ca. 120 000 tonn restråstoff per år av hvitfisk som i dag ikke utnyttes til andre formål. Mye av dette er rikt på bein. Dette tilsvarer 3 900 tonn fosfor per år dersom vi antar 30 % tørrstoff og 10 % fosfor i tørrstoffet (Løes m.fl. 2022).

I prosjektet «Restråstoffer fra havet som gjødning til økologisk landbruk» (RESTOR) er det undersøkt om næringsstoff og organisk materiale fra havet fra marin næringsvirksomhet kan kombineres til en organisk fullgjødning egnet for økologisk landbruk (Løes m.fl. 2022). Arbeidet har omfattet utprøving av restråstoff med høyt innhold av bein fra hvitfisk (torsk, sei, hyse, lange, brosme) og restråstoff av grisetang som gjødning og jordforbedring i forsøk, både innendørs og ute i felt. Prosjektet har vist at marine restråstoffer er godt egnet som gjødning. Gjødselsforsøk med havre, purre og eng viste at fiskebein ga en rask gjødselvirkning i tilførselsåret, og en ettervirkning på nivå med tørket hønsegjødsel. Algefiber, som er rester av grisetang etter kjemisk ekstraksjon for å produsere flytende

gjødsel, ble også prøvd ut som gjødsel. Slikt materiale hadde en mer langsom gjødselvirkning, men en påfallende positiv og langvarig ettervirking.



Bilde 7. Forsøk i regi av NORSØK med gjødsel fra havet viste at fiskebein gir rask gjødselvirkning og ettervirking på nivå med fjørfegjødsel. Algefiber kan gi en viss gjødselvirkning i tilførselsåret for vekster med langvarig næringsopptak og har en betydelig ettervirking (Løes m.fl. 2022). Foto: A.-K. Løes

4.2 Global oppvarming

Global oppvarming truer matproduksjonen i mange land (Cottis 2015, IPCC 2023) og det er viktig at økologisk landbruk både bidrar til å redusere utslipp av klimagasser og til et hardført landbruk som kan tåle både mer regn og mer tørke. Både reduserte klimagassutslipp, karbonlagring og klimatilpasning er viktig her.

Viktige begreper i tilknytning til global oppvarming: Klimagasser er gasser som bidrar til global oppvarming. Drivhusgasser brukes synonymt med klimagasser. Det er særlig klimagassene metan (CH_4) og lystgass (N_2O) som slippes ut fra landbruket, men også noe karbondioksid (CO_2) (Hansen & Øygarden 2019). Globalt oppvarmingspotensiale skrives ofte som GWP, som er en forkortelse for «Global Warming Potential». Når det står GWP_{100} betyr det potensialet for global oppvarmingseffekt i et 100-årsperspektiv av en kg av den aktuelle klimagassen sett i forhold til en kg CO_2 . Dette kan også skrives som de ulike drivhusgassenes akkumulerte strålingspådriv eller energi som tilføres atmosfæren målt mot det akkumulerte strålingspådrivet for samme masse CO_2 (IPCC 2007).

GWP tar ikke hensyn til at en varm atmosfære mer effektivt kvitter seg med energi. Det gjør imidlertid GTP, som er en forkortelse for «Global Temperature Potential» (IPCC 2021). Ved beregning av GTP_{100} er betydningen av metan og lystgass lavere enn ved GWP_{100} . For GTP_{100} er det

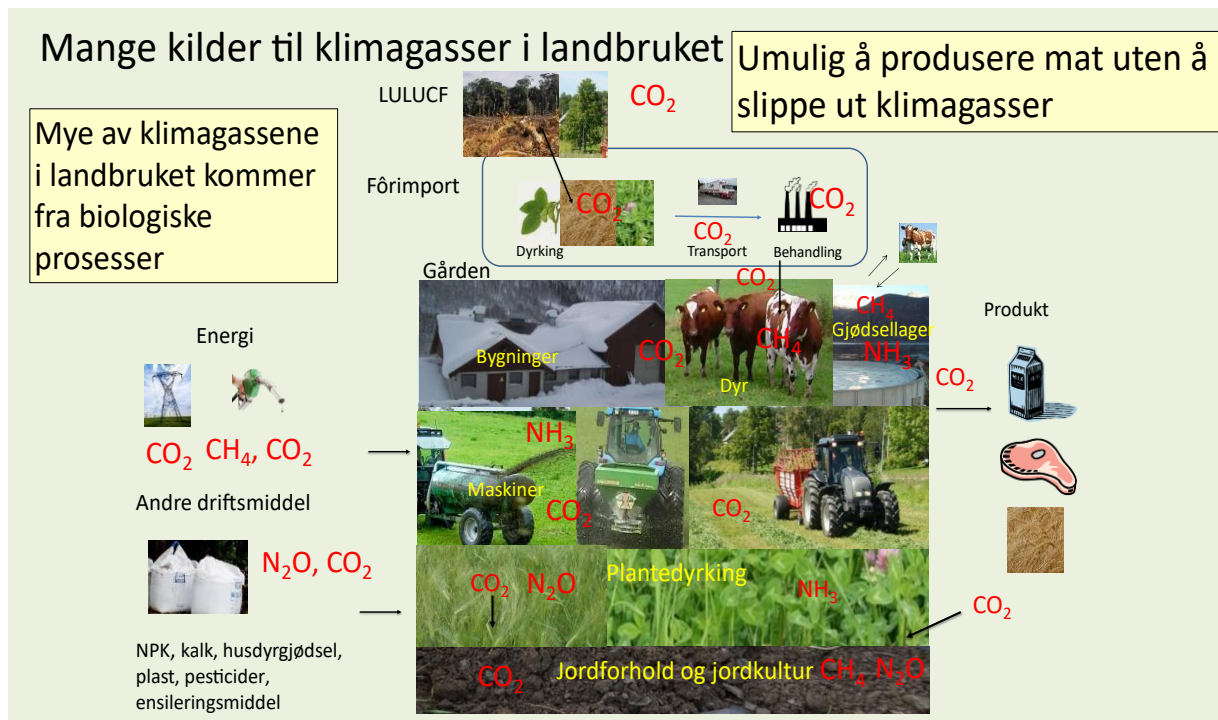
satt en global oppvarmingseffekt av ikke-fossilt metan og lystgass som er henholdsvis 4,7 og 233 ganger så sterk som CO₂. Tilsvarende for GWP₁₀₀ er 25 og 298 ganger (IPCC 2021). Dette fører til at betydning av metanutslipp fra biologiske prosesser, som utslipp fra drøvtyggerfordøyelse og husdyrgjødsel, blir lavere når utslippene beregnes med GTP₁₀₀ enn når de beregnes med GWP₁₀₀. Dersom tidsperspektivet er kortere enn 100 år så øker betydningen av metan da den har en sterk oppvarmingseffekt, men den brytes raskt ned i atmosfæren.



Figur 8. Hvordan kan økologisk landbruk bidra til å redusere global oppvarming?

4.2.1 Utslipp av klimagasser

Mye av klimagassene i landbruket kommer fra biologiske prosesser i jord, gjødsel og dyr. Derfor er det viktig å kjenne de biologiske prosessene for å kunne redusere utslippene. Det er imidlertid svært mange kilder til klimagassutslipp fra landbruket. Det er viktig å huske at det er umulig å produsere mat uten å slippe ut klimagasser fordi utslippene er et resultat av biologiske prosesser. Måten å drive landbruk på er imidlertid med på å bestemme hvor mye klimagasser som slippes ut per produsert enhet av produkter. God jordstruktur, friske dyr og balansert fôring fører til lavere utslipp av klimagasser. Hansen m.fl. (2018) har listet opp en rekke faktorer som er viktige for å oppnå god agronomi og reduserte klimagassutslipp. Slike tiltak må imidlertid tilpasses lokale forhold. Det trengs gode agronomer som tenker kreativt på ressurseffektivisering og tiltak for å redusere klimagassutslippene, og en landbrukspolitikk som legger til rette for dette, for at det økologiske landbruk skal kunne gi viktige bidrag her.



Figur 9. Noen av kildene til klimagassutslipp fra landbruket.

4.2.2 Metan

Metan er en klimagass som brytes raskt ned i atmosfæren, men som har stor oppvarmingseffekt på kort sikt, med en topp etter ca. 10 år. Ved å redusere innholdet av metan nå håper en å spare tid slik at ikke økt oppvarming på kort sikt fører til frigjøring av klimagasser fra smeltende tundra, oppvarmet hav og landjord. Derfor er det fokus i media og krav til landbruket om å redusere utslipp av metan. Det er et stort press på gårdbrukere med ku, sau og geit da disse drøvtyggerne slipper ut metan i sin fordøyelse. Den sterke økningen av menneskeskapt utslipp av metan de siste åra skyldes imidlertid sannsynligvis økt utvinning av fossilt drivstoff (Van Dingenen m.fl. 2018).

I både økologisk og ikke-økologisk produksjon av melk og kjøtt betyr metanutslipp fra drøvtyggerne mye. En stor del av de estimerte utslippene er knyttet til selve dyra, vesentlig på grunn av metan fra drøvtyggerfordøyelsen (Hansen m.fl. 2018, Hansen m.fl. 2021a). Høy grovfôrandel gir høyere utslipp av metan fra fordøyelsen enn der det fôres med mye kraftfôr, men potensialet for metanutslipp fra gjødsellager blir mindre. Lang levetid og høy ytelse gir lavere utslipp av metan per liter melk. Kombinasjonen melk og kjøtt fra samme dyr, som er tilfelle der kalver fra mjølkeproduksjon brukes til kjøttproduksjon, gir mye lavere utslipp av klimagasser per kg kjøtt enn ren kjøttproduksjon (Briseid m.fl. 2008).

Gårder med økologisk drift har ofte lavere utslipp enn gårder som ikke driver økologisk når det beregnes utslipp av metan og andre klimagasser per kg spiselig energi produsert i både melk og kjøtt på melkeproduksjonsgårder. En medvirkende faktor her er at mange økologiske gårder tilpasser drifta si slik at mest mulig av ressursene går til å produsere melk, mens oksekalvene selges (Hansen m.fl. 2024). Dersom oksekalvene selges og ales opp vil det likevel bli utslipp ved oppal, men dette tilskrives da en annen gård. For gårder som ikke selger kjøtt vil det bli lavere klimagassutslipp med lette raser som gir mye melk i forhold til kjøtt og samtidig lever lenge, da mye av klimagassutslippet

er knyttet til oppal og vedlikehold (Crosson m.fl. 2011). Noen velger også å krysse inn lettere raser for å få mer melk per førenhet. Dersom dette sammenfaller med lavere kjøttforbruk i befolkningen slik at kjøttproduksjonen ikke må økes andre steder, vil høyere melkeandel dermed kunne bidra til lavere klimagassutslipp per enhet produsert energi i storfeholdet.

Beregning av oppvarmingseffekten uttrykt ved GTP_{100} (se side 36) gav lavere verdier for beregnede klimagassutslipp fra melkeproduksjonen i Miljømelk-prosjektet enn det som er oppgitt i figur 6 hvor beregningene er gjort med GWP_{100} (Hansen m.fl. 2021a). En viktig årsak til dette er lavere antatt oppvarmingseffekt av metanutslipp fra storfeets fordøyelse. Det ble størst reduksjon der utslipp fra selve husdyrholdet betydde mest for de totale utslippene når det ble beregnet med GWP_{100} . Dette var gårder med lav ytelse per dyr og små innkjøp av gjødsel og kraftfôr. Global oppvarming beregnet som kg CO_2 -ekvivalenter per kg EKM (energikorrigert melk) for økologisk drift ble redusert fra 87 % til rundt 70 % av ikke-økologisk drift når CO_2 -ekvivalentene ble uttrykt med GTP_{100} i stedet for GWP_{100} .

Jordbruket kan også ta opp eller bryte ned klimagasser. Det er viktig at økologisk landbruksproduksjonen legger til rette for dette. Karbonbinding via plantenes fotosyntese er velkjent. Mindre kjent er det at det kontinuerlig skjer en nedbryting av CH_4 , der bakterier i jord oksiderer metan til CO_2 (metanotrofe bakterier). I tett, våt eller sterkt gjødslet jord trives ikke disse bakteriene (Hansen m.fl. 1993). Ved å opprettholde fokus på god jordstruktur og unngå sterk gjødsling vil økologisk jordbruk kunne bidra her.

4.2.3 Lystgass

I 2022 har statistisk sentralbyrå estimert at 77 % av lystgassutslippene i Norge kommer fra landbruket (SSB 2023). Som diskutert under punkt 4.2.2 er det gjennomgående lavere lystgassutslipp fra økologisk enn ikke-økologisk landbruk, men også økologisk landbruk kan redusere utslippene ved å forbedre handteringen av det organiske materialet på gården. Ikke minst er det viktig å unngå tilførsel av store mengder fersk grønnmasse på en gang. Se punkt 4.1.4 Grønnmasse.

4.2.4 Karbonlagring

Nederlandske forskere har undersøkt effektene som lagring av karbon i jord har med hensyn til reduksjon av klimagassutslipp og matproduksjon (Moinet m.fl. 2023). De har gått gjennom en rekke studier, i alt 21 metaanalyser, for å undersøke disse effektene. De påpeker at karbonlagring i jord ikke kan «redde klimaet» på globalt nivå. Det er mange årsaker til dette. Økning av karboninnholdet i jord er bare mulig hvis tilførselen av organisk materiale er større enn tapet av karbon fra jorda. Mengden av karbon som det er mulig å lagre i jord vil dessuten nå et metningspunkt etter et visst antall år, avhengig av jordart, opprinnelig karboninnhold i jorda og klima. Dette blir sjelden tatt med i beregningene når effekten av karbonlagring i jord blir beregnet. Det er derfor nødvendig at mål for karbonlagring i jord må beregnes lokalt. Forskerne minner også om at mange store, sosiale, økonomiske og politiske barrierer hindrer at karbonlagringsmetoder blir tatt i bruk mange steder.

Forskerne påpeker at en økning i fotosyntesen globalt vil være en svært effektiv strategi for å redusere klimaendringene. Derimot vil ikke økt tilførsel av organisk materiale i jord alltid bidra til en netto reduksjon av atmosfærisk karbondioksid. En tilførsel av organisk materiale medfører en transport av karbonrikt materiale fra et sted til et annet. Skal denne tilførselen bidra positivt mht. klimaet må det gi mer effektiv lagring av karbon i jorda der det tilføres, enn der det hentes fra.

Forskerne har også undersøkt effekten av karbonlagring i jord på avlingsstørrelsen (Moinet m.fl. 2023). Resultatene i de ulike undersøkelsene viser at effekten på avlingsnivået av økt mengde jordkarbon varierer fra negativ til nøytral til positiv. De mener at en vinn-vinn-situasjon bare er mulig når karbonlagring kombineres med andre dyrkingstiltak tilpasset lokale forhold. I stedet for å ha karbonlagring som eneste mål må man i landbruket heller vektlegge alle de ulike funksjonene jorda har og utvikle jordbruksmetoder som er tilpassa lokale forhold. Da vil karbonlagringen i jorda isteden komme som en følge av de lokale driftsmetodene.

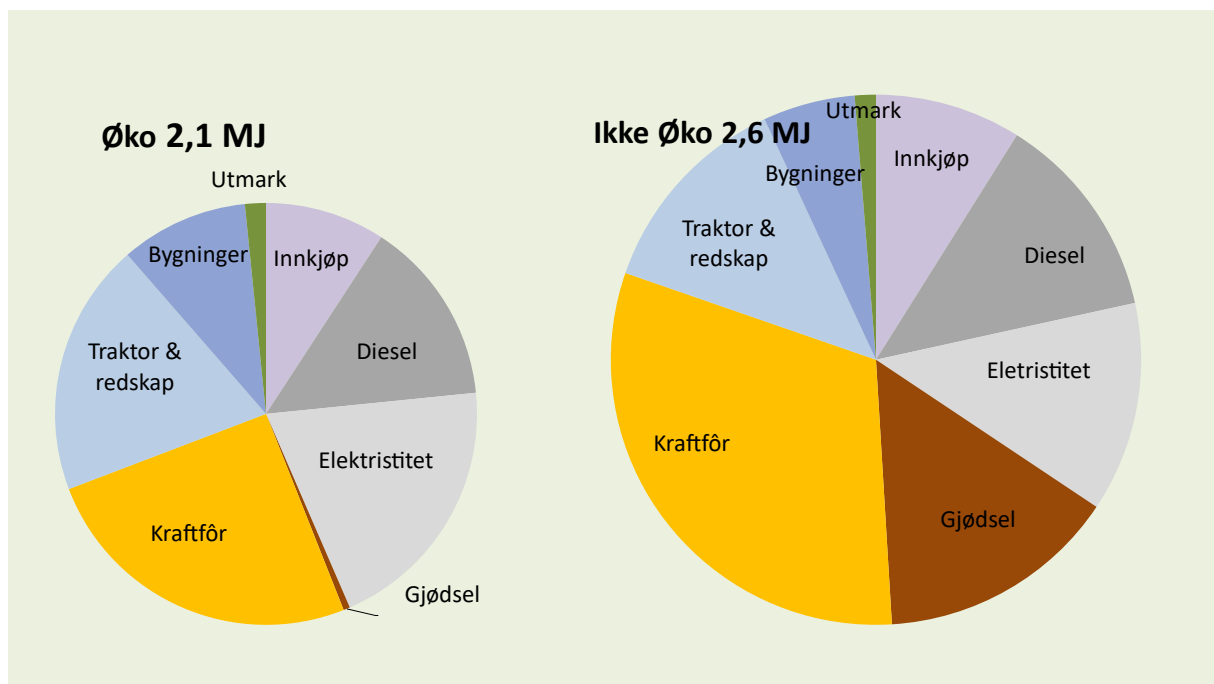
Selv om de fleste studier viser at det er mer biologisk aktivitet og mer karbonlagring i økologisk enn i ikke-økologisk dyrking finner noen undersøkelser hverken flere organismer eller mer karbonlagring i økologisk enn i ikke-økologisk dyrking. Spesielt gjelder dette der det også brukes fangvekster eller er eng i vekstskiftet i den ikke-økologiske produksjonen. For eksempel fant Hu m.fl. (2018) ingen signifikant forskjell i innhold av organisk karbon i jorda mellom økologiske og ikke-økologiske system ved undersøkelser av langvarige forsøk i Danmark, til tross for høyere tilførsel av organisk karbon. En akilleshæl for økologisk plantedyrking er ofte mengden ugras, og at det har blitt gjort mye jordarbeiding for å kontrollere ugras som både kan føre til tap av karbon og skade organismene i jorda. Det forskes nå på nye og bedre metoder for å kontrollere ugraset i økologisk landbruk med liten risiko for erosjon og tap av næring som kutting av røtter, dyrking av utvalgte vekster for ugraskontroll og samspill mellom disse (Reimer m.fl. 2019, Weigel m.fl. 2023, Ringselle m.fl. 2024).

Eng i vekstskiftet og bruk av underkultur og fangvekster er viktige måter å opprettholde eller øke karboninnholdet i jorda (Serikstad m.fl. 2018, Hansen m.fl. 2021b). Det er viktig for økologisk jordbruk å finne gode måter å balansere dette mot størst mulig matproduksjon.

4.3 Produksjon og forbruk av energi

Oppmerksomheten omkring nødvendigheten av redusert energibruk innafor økologisk landbruk har økt i takt med økningen i energiforbruket. Elektrisk energi i Norge har hittil vært billig og hovedsakelig fornybar. I dag er energiøkonomisering og produksjon av fornybar energi på økologiske gårder viktig for en bærekraftig handtering av energi. Det er forskjell på direkte energi og bundet energi, eller såkalt grå energi, som er den energien som er brukt til å lage traktor og redskap, bygninger, kraftfôr, innkjøpt gjødsel og andre innsatsvarer. Det er også viktig å skille mellom bruk av fossil og fornybar energi.

Undersøkelser på gårder som driver økologisk melkeproduksjon viser at det er svært store variasjoner i energibruken og energiintensiteten mellom gårdene (Koesling m.fl. 2017, Hansen m.fl. 2018, Hansen m.fl. 2021a). Energiintensitet er hvor mye energi som brukes til å produsere den energien som finnes i produktene fra gården. I Miljømelk-prosjektet var det større variasjon innafor økologisk og ikke-økologisk driftsform enn mellom de to driftsformene (Koesling m.fl. 2017, Hansen m.fl. 2021a). I gjennomsnitt var den totale energibruken størst ved ikke-økologisk produksjon (Figur 12). Betydningen av de ulike energikildene var også ulik. Infrastruktur, diesel og elektrisitet betyr mer i økologisk produksjon, mens i ikke-økologisk produksjon betyr innkjøp av gjødsel og kraftfôr betydelig mer enn i økologisk produksjon.



Figur 10. Fordeling av ulike energikilder og totalt forbruk av energi i MJ per MJ produsert i melk og kjøtt (energiintensitet) på 10 melkegårder som driver økologisk og 10 som driver ikke-økologisk i Møre og Romsdal (Koesling m.fl. 2017, Hansen m.fl. 2021a).

Variasjonen i energiintensitet betyr at potensialet for å redusere energibruken per produktenhet er stor for gårdene med høyest energiintensitet. Innsparinger i energibruk kan skje mange steder i drifta, f.eks. ved innhøsting, lagring, fôring og gjødselhandtering, men også dyrehelse, bygninger og teknisk utstyr har betydning. Ved bygging av nye driftsbygninger er det viktig å tenke på

energibruken ved framstilling av materialene som brukes så vel som energibruken når bygningen tas i bruk: tre har mye lavere energiavtrykk enn betong (Koesling m.fl. 2015). Der det ligger til rette for det vil økt beiting i inn- og utmark på bekostning av kraftfôr redusere energibruken. Det vil også godt vedlikehold av bygninger, traktorer og redskap.

Ved å erstatte fossil energi med fornybar energi kan det fossile avtrykket bli lavere. Småkraftverk, biogassanlegg, jordvarme, solcellepaneler, vindmøller, varmegjenvinning, flisfyringsanlegg og vedhogst på gården er aktuelle tiltak. Som all energibruk er det mange utfordringer knytta til påvirkninger på naturen og det er utfordringer knytta til bla. lagring av energi, kapasitet på nettet og innsatsfaktorer som skal til (Kvande 2022). Det er spredt bosetning og små bygder i Norge. Kanskje kan utvikling av lokale, grønne energi-lag som produserer og bruker energien i bygda, og hvor de ulike lokale energikildene utfyller hverandre og er lokalt tilpasset slik at de gir minst mulig skadelige effekter, være med og skape en robust, lokal energiforsyning for framtida, bygd på økologiske prinsipper? Her er det ennå mye ugjort.

5 Utvikling av økologisk landbruk i Norge

I forberedelsene til innlegget som ble holdt på Landbrukets økologikongress ble det sendt ut en spørreundersøkelse til bønder, rådgivere og forskere som arbeider med økologisk landbruk.

Spørsmålet var:

«Hva skal til for å sikre at økologisk landbruk videreutvikles på en realistisk gjennomførbar måte ut fra forsvarlig ressursforvaltning, biodiversitet, klima og miljø, og i en retning som understøtter økologiske systemer med kretsløpsprinsipper?»

Her presenteres noen av svarene i stikkordsform:

5.1.1.1 Agronomi

- ❖ Flere økobønder, tettere samarbeid og fagmiljø mellom dem
- ❖ Mer allsidig drift, vekstskiftesamarbeid mellom gårder
- ❖ Mer egenprodusert fôr til dyra
- ❖ Mindre bruk av kraftfôr til kua
- ❖ Bedre løsninger mot ugras
- ❖ Landbruk og foredling over hele landet
- ❖ Økologisk landbruk kan ikke være avhengig av ikke-økologiske gjødselmidler. Vi trenger trygg sirkulering av næringsstoffer lokalt og regionalt

5.1.1.2 Virkemidler

Økonomiske virkemidler som stimulerer det som er viktig for økologisk landbruk:

- ❖ Biologisk mangfold
- ❖ Vekstskifte
- ❖ Kulturlandskap
- ❖ Dyr på beite
- ❖ Redusert jordarbeiding
- ❖ Gjerdehold m.m.

5.1.1.3 Forbrukeren/det offentlige/regelverk

- ❖ Det må være støtte for økologisk landbruk i landbrukspolitikken
- ❖ Økt innkjøp av økologiske varer innen offentlig sektor
- ❖ Økt kunnskap og bevissthet i befolkningen om de positive sidene ved økologisk landbruk
- ❖ Utvikling av regelverket i retning av mer økologisk bærekraft
- ❖ Gjenninføre prosentmål for økologisk areal og produksjon

I «Nasjonal strategi for økologisk jordbruk» (Landbruks- og matdepartementet 2018) prioriteres utfordringer i ulike deler av verdikjeden og målretta og effektiv bruk av virkemidler. Hvordan man lykkes med dette arbeidet vil ha stor betydning for utviklingen av økologisk landbruk i tiden som kommer.

I Norge hadde vi tidligere et tallfesta mål for økologisk produksjon og forbruk (10 prosent innen 2010, 15 prosent innen 2015). I Meld. St. 11 (2016-2017) ble tallfesta målsetting fjernet og bytta ut med «(...) utviklingen av den økologiske produksjonen skal være etterspørselsdrevet.»

I Norge er det vedtatt en nasjonal strategi for økologisk jordbruk for 2018 – 2030. På bakgrunn av dette ble det etablert et Økologiprogram (2019 – 2030) som overbygning for hovedområdene i strategien (Landbruksdirektoratet 2023). Programmet skal bidra til en målretta og effektiv bruk av virkemidler over jordbruksavtalen. Hvordan man lykkes med dette arbeidet vil ha stor betydning for utviklingen av økologisk landbruk i tida som kommer.

På oppdrag fra Landbruksdirektoratet har Oxford Research evaluert den nasjonale strategien for økologisk jordbruk (Brastad m.fl. 2023). Sammendraget i rapporten fra Oxford Research konkluderer med at «...Evalueringen viser at strategien i liten grad har bidratt til at målene for økologisk produksjon og forbruk kan nås innen 2030. Strategien oppfattes som utydelig og gir lite grunnlag for handling. En hovedutfordring er at det ikke eksisterer et tallfestet produksjonsmål som gjør at arbeidet med økologisk produksjon prioriteres.»

5.2 Hva kan vi lære av Østerrike?

Innholdet i dette kapitlet er henta fra rapporten «Økologisk landbruk i Østerrike» (Bergslid m.fl. 2023)

Østerrike er det landet i Europa med størst andel økologisk areal. I 2022 var 25,3 % av jordbruksarealet i Østerrike sertifisert som økologisk. Tilsvarende tall for Norge var 4,3 %.

Da Østerrike ble medlem i EU ble muligheten til å betale ut støtte til produksjon begrenset. Dette ble kompensert med økt støtte til miljøvennlig produksjon og produksjon i områder med spesielle utfordringer. Et stort nasjonalt miljøprogram (ÖPUL) ble etablert, i tillegg til at bønder i områder med krevende driftsbetingelser (f.eks. bratt areal) blir kompensert for ekstra utfordringene drift i slike områder medfører.

En stor del av melke produsert i Østerrike (91 %) kommer fra områder med krevende driftsbetingelser, og Østerrike innså tidlig at det ikke er mulig å konkurrere mot land som Danmark, Tyskland og Nederland. De utviklet derfor en kvalitetsstrategi der om lag 20 % av melkeproduksjonen er økologisk. Østerrike har hatt suksess med å tilpasse driften til de naturgitte forutsetningene de har for å drive landbruk.

Hvorfor Østerrike har lykkes så godt med sin satsing på økologisk landbruk i forhold til mange andre land som for eksempel Norge er det flere årsaker til, blant annet:

1. Valgte å satse

- Myndighetene i Østerrike tok tidlig et valg om å satse på økologisk landbruk. Dette har vist seg å være et framtidsretta valg, og landet blir sett på som et fyrtårn for satsing på økologisk landbruk over hele EU.

2. Klare målsettinger

- Myndighetene i Østerrike har klare mål for andelen økologisk landbruk. I 2023 ble landets 6. økologiske handlingsprogram lansert, med mål om å øke andelen økologisk areal i Østerrike til 30 % innen 2027, og til 35 % innen 2030.

3. Små enheter og kvalitet heller enn strukturrasjonalisering

- I motsetning til i mange andre land valgte man i Østerrike å ikke tilpasse seg medlemskapet i EU ved hjelp av strukturrasjonalisering. I stedet har Østerrike valgt en annen strategi og satsa på økologisk drift og får uten GMO. Dette har ført til at mange mindre bruk fortsatt er i drift.

4. Tilskuddsordninger som favoriserer økologisk landbruk

- Omfattende støtte til miljøvennlig produksjon og produksjon i områder med spesielle utfordringer.
 - i. Miljøprogrammet (ÖPUL) har mange ordninger som bønder som driver økologisk kan søke på
 - ii. I forbindelse med for eksempel investeringer gis bønder som driver økologiske 5 prosent mer i tilskudd enn de som ikke driver økologisk
 - iii. Søknader fra bønder som driver økologisk prioriteres foran søknader fra de som ikke driver økologisk

5. Satsing på kunnskapsoppbygging, utdanning, rådgiving og forskning

- i. En rekke forskningsinstitutt arbeider for å utvikle økologisk landbruk
- ii. Øremerka bevilgninger til forskning og utdanning innen økologisk landbruk
- iii. Omfattende støtte til landbruksskolene og landbruksforskning
- iv. Informasjonskampanjer for å få flere bønder til å drive økologisk, i tillegg til å få tilbake bønder som har slutta å drive økologisk
- v. Iverksette prosjekter som er med på å utvikle økologisk landbruk, blant annet gjennom kunnskapsoppbygging, markedsføring av økologiske produkter og innovasjon/nyskaping
- vi. Systematisk arbeid for økt bevissthet rundt økologiske produkter mot forbruker

6. Tett samarbeid mellom ulike aktører

- For å lykkes med satsinga på økologisk landbruk har tett samarbeid mellom ulike aktører vært viktig
 - i. Mellom bonden, interessegrupper, forskere, markedsførere, undervisning, rådgiving, forvaltning og media
 - ii. Miljøbevisste forbrukere og satsing på økologiske produkter hos dagligvarekjedene

5.2.1 Mangel på bønder – en stor trussel mot økt økologisk bærekraft

Mål om økt effektivitet og styrket konkurransekraft har ført til færre og større driftsenheter i norsk landbruk. Dette gjelder for både økologisk og ikke-økologisk landbruk. I de typiske husdyrdistriktene i Norge har andelen leiejord økt drastisk de siste tiårene. Bygging av rasjonelle driftsbygninger til 100 – 300 storfe er uproblematisk, men utenfor fjøsdøra ligger det store utfordringer når dyra skal ut på beite og når bonden skal drive grovfôrproduksjon på 30 – 100 jordstykker rundt om i egen bygd og nabobygd(er).

Mange skifter og store avstander øker bondens tidsbruk til ulike oppgaver betydelig. Det reduserer også muligheten til å utnytte effektivt utstyr som f.eks. tilførselsslanger for gjødselspredning. Små tidsmarginer og klimaendringer gjør det krevende for mange bønder å få spredd husdyrgjødsel på rett plass til rett tid - og i riktig mengde, noe som er viktig for økt bærekraft i drifta. Det samme gjelder for høsting av gras.

Ifølge rapporten «Leiejord – avgjørende for økt norsk matproduksjon» (Landbruksdirektoratet 2015) er antall jordbruksbedrifter redusert med 39 % i perioden 1999 til 2014, og andelen leid jordbruksareal har økt. I 1999 leide 55 % av jordbruksbedriftene jord, mens i 2013 hadde denne andelen økt til 62 %. Andel leiejord varierer mellom fylkene, og i mange typiske husdyrfylker er den høy (40 – 60 %). Rapporten har også analysert avstand til det leide jordstykket som ligger lengst unna driftssenteret, og gjennomgående er avstanden til det leide jordstykket som ligger lengst unna driftssenteret størst i fylker med høy andel leiejord. Møre og Romsdal er et av fylkene med størst andel leiejord. Ifølge Fylkesstrategi for landbruket i Møre og Romsdal (2023 – 2026) er snittet på 58 %. I enkelte kommuner i Møre og Romsdal er andelen leid areal opp mot 84 %.

Det mangler ikke på kunnskap om riktig bruk av husdyrgjødsel, fordelene med bruk av lett utstyr, effekten av riktig slåttetidspunkt m.m., og hvor viktig alt dette er for økt bærekraft i drifta. Utfordringen er at optimal drift krever nok folk til å gjøre arbeidet. Det at stadig færre bønder må drive stadig større driftsenheter med mye leiejord og store avstander er en av de aller største utfordringene for å oppnå økt bærekraft både i økologisk og ikke-økologisk landbruk.

Økt økologisk bærekraft for økologisk så vel som ikke-økologisk landbruk krever at bærekraften er god også i de tre andre dimensjonene. Uten sosial og økonomisk bærekraft for bonden vil vi ikke lykkes.

6 Oppsummering

Det er krevende med en økologisk bærekraftig utvikling av økologisk landbruk i et samfunn som ofte setter økonomiske hensyn framfor økologiske hensyn. De store økonomiske utfordringene og tidspresset som alt landbruk er preget av, påvirker også de som ønsker å drive økologisk. For å oppnå økt økologisk bærekraft trenger vi et økologisk landbruk som videreutvikles på en realistisk gjennomførbar måte ut fra forsvarlig ressursforvaltning, biodiversitet, klima og miljø, og i en retning som understøtter økologiske systemer og kretsløpsprinsipper. En omlegging av landbrukspolitikken som stimulerer dette, vil gjøre det enklere å sikre at det økologiske landbruket utvikler seg i en økologisk, mer bærekraftig retning. Men det vil ikke lykkes uten den gode agronomen og den gode husdyrbrukeren. Det trengs fortsatt folk som er villige til å gå foran, tenke nytt og gå dypt inn i agromien, økologien og økonomien.

Viktige stikkord for å kunne lykkes med en økologisk bærekraftig utvikling av økologisk landbruk er:

- ❖ Arealbasert husdyrhold
- ❖ Fortsatt fokus på jord
- ❖ God håndtering av husdyrgjødsel og annet organisk materiale
- ❖ Nye næringskilder til planteproduksjon
- ❖ Levende plantedekke
- ❖ Tilrettelegging for mer dyrking og bedre omsetning av planteprodukt direkte til mat
- ❖ Den gode agronomen og den gode husdyrbrukeren
- ❖ Allsidig vekstskifte
- ❖ Utvikling av flere forbyggende og økologisk baserte planteverniltak

7 Referanser

- Abalos, D., Rittl, T. F., Recous, S., Thiébeau, P., Topp, C. F. E., van Groenigen, K. J., Butterbach-Bahl, K., Thorman, R. E., Smith, K. E., Ahuja, I., Olesen, J. E., Bleken, M. A., Rees, R. M. & S. Hansen 2022. Predicting field N₂O emissions from crop residues based on their biochemical composition: A meta-analytical approach. *Science of The Total Environment*, 812, 152532. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.152532>
- Amlinger, F., Peyr, S., Hildebrandt, U., Müsken, J., Cuhls, C., Clemens, J., & J. Gilbert 2009. The State of the Art of Composting – a guide to good practice. *Lebenministerium, Austria*. https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:69c43c71-1844-4c52-8d0c-20e0d9ced59f/Richtlinie_Kompost_en.pdf
- Andersen, A. & R. Eltun 2000. Long-term developments in the carabid and staphylinid fauna during conversion from conventional to biological farming. *J. Appl. Ent.* 124, s. 51-56
- Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S., Perissol, C., Roussos, S. & I. Thami Alami 2018. Composting parameters and compost quality: a literature review. *Organic Agriculture*, 8, 141–158. <https://doi.org/10.1007/s13165-017-0180-z>
- Bechmann, M. m.fl. 2021. Erosjon og tap av næringsstoffer og plantevernmidler fra jordbruksdominerte nedbørfelt - Sammendragsrapport fra Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) for 1992—2019. NIBIO Rapport Vol 7, nr. 135
- Bechmann, M. m.fl. 2017. Erosjon og tap av næringsstoffer og plantevernmidler fra jordbruksdominerte nedbørfelt - Sammendragsrapport fra Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) for 1992—2016. NIBIO Rapport Vol 3, nr. 71
- Bengtsson, J., J. Ahnström & A.-C. Weibull 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *J. Appl. Ecol.* 42, s. 261–269.
- Benke, A.P. m.fl. 2017. Fertilizer value and nitrogen efficiencies with clover-grass ley biomass based fertilizers. *Nutr Cycl Agroecosyst* 107, s. 395–411, 2017
- Benoit, M., Garnier, J., Billen, G., Tournebize, J., Gréhan, E. & B. Mary 2015. Nitrous oxide emissions and nitrate leaching in an organic and a conventional cropping system (Seine basin, France). *Agric. Ecosyst. Environ.* 213, 131–141.
- Bergslid, I.K. 2020. Møkk og miljø. Bedre bruk av husdyrgjødsel til beste for bonde, økonomi og miljø. NORSØK Rapport 5 (9). <https://orprints.org/id/eprint/38332/>
- Bergslid, R. m.fl. 2023. Økologisk landbruk i Østerrike. Politiske virkemidler - et fyrtårn for norsk landbrukspolitik? NORSØK Rapport nr. 1, 2023
- Bernal, M.P., Sommer, S.G., Chadwick, D., Qing, C., Guoxue, L. & F.C. Michel 2017. Current Approaches and Future Trends in Compost Quality Criteria for Agronomic, Environmental, and Human Health Benefits. *Advances in Agronomy*, 144, 143–233. <https://doi.org/10.1016/BS.AGRON.2017.03.002>
- Bernhoft, A., Clasen, P.-E., Kristoffersen, A.B. & M. Torp 2010. Less *Fusarium* infestation and mycotoxin contamination in organic than in conventional cereals. *Food Addit Contam Part A* 27, 842-852.
- Bernhoft, A., Torp, M., Heier, B.T. & P.-E. Clasen 2003. Er *Fusarium*-muggsopp og mykotoksiner et problem i økologisk korndyrking? I: Cottis, T. (red.) Den nasjonale kongress for økologisk landbruk i 2003. Høgskolen i Hedmark, Rapport nr. 19-2003

Bleken, M. A., T. Rittl, S. Nadeem & S. Hansen 2022. Roots and other residues from leys with or without red clover: Quality and effects on N₂O emission factors in a partly frozen soil following autumn ploughing. *Science of The Total Environment*, 831(November 2021), 154582. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154582>

Blytt, L.D. 2016. Beste praksis for kompostering av hageavfall. Avfall Norge-rapport nr. 3/2016. 34 s.

Boschiero, M. m.fl. 2023. Comparison of organic and conventional cropping systems: A systematic review of life cycle assessment studies. *Env. Impact Assessment Rev.* 102 (2023) 107187

Brastad, B. m.fl. 2023. Gode intensjoner – lite handling. Evaluering av nasjonal strategi for økologisk jordbruk. Rapport 2023/11, Oxford Research [Evaluering-av-Strategi-for-okologisk-jordbruk-Rapport-Oxford-Research-2023-11.pdf \(oxfordresearch.no\)](https://oxfordresearch.no/Evaluering-av-Strategi-for-okologisk-jordbruk-Rapport-Oxford-Research-2023-11.pdf)

Briseid, T., Grønlund, A., Harstad, O.M., Garmo, T., Volden, H. & J. Morken 2008. Klimagasser fra landbruket. Bioforsk Rapport nr. 9, 2008

Brundtland m.fl. 1987. Our common future: Report of the world commission on environment and development. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

Bujis, J. m.fl. 2022. Presence of pesticides and biocides at Dutch cattle farms participating in bird protection programs and potential impacts on entomofauna. *Science of the Total Environment*, 838 (2022) 156378

Bünemann, E.K., Reimer, M., Möller, K. & J. Magid 2022. Synthesis and overall recommendation how to replace current contentious nutrient inputs. Deliverable No 3.4, Project RELACS. <https://relacs-project.eu/wp-content/uploads/2022/09/D3.4-Synthesis-and-overall-recommendation-how-to-replace-current-contentious-nutrient-inputs-1.pdf>.

Bünemann, E. K., Reimer, M., Smolders, E., Smith, S. R., Bigalke, M., Palmqvist, A., Brandt, K. K., Möller, K., Harder, R., Hermann, L., Speiser, B., Oudshoorn, F., Løes, A.-K. & J. Magid 2024. Do contaminants compromise the use of recycled nutrients in organic agriculture? A review and synthesis of current knowledge on contaminant concentrations, fate in the environment and risk assessment. *The Science of the Total Environment*, 912 (November 2023). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168901>

Bysveen, K. 2023a. Kompost krever ranker. NLR Innlandet, innlandet.nlr.no, 16.3. <https://innlandet.nlr.no/fagartikler/grovfor/gjodsling/innlandet/kompost-krever-ranker>

Bysveen, K. 2023b. Fangvekster i grønnsaksdyrking. Agropub.no. <https://www.agropub.no/fagartikler/fangvekster-i-gronnsaksdyrking>

Chirinda, N., Carter, M. S., Albert, K. R., Ambus, P., Olesen, J. E., Porter, J. R. & S.O. Petersen 2010. Emissions of nitrous oxide from arable organic and conventional cropping systems on two soil types. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 136(3–4), 199–208

Chmelíková, L., Schmid, H., Anke, S. & K.J. Hülsbergen 2021. Nitrogen-use efficiency of organic and conventional arable and dairy farming systems in Germany. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 119, 337-354. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10705-021-10126-9>

Cottis, T. 2015. En framtid du ikke vil ha. Global oppvarming: Forutsetninger, risiko og sannsynlige konsekvenser. Rapport 9/2015, FIVH

Crosson, P. m.fl. 2011. A review of whole farm systems models of greenhouse gas emissions from beef and dairy cattle production systems. *Animal Feed Science and Technology* 166-167 (2011), s. 29-45

DebiInfo, 2023. Bruk av husdyrgjødsel i økologisk landbruk. Rapport Mattilsynet.

<https://www.mattilsynet.no/planter-og-dyrking/okologisk-landbruk/regelverksutvalget-for-okologisk-produksjon>.

van Dingenen, R. m.fl. 2018. Global trends of methane emissions and their impacts on ozone concentrations. JRC Science for Policy Report. European Commission. EUR 29394 EN

Dybdal, S.E. 2022. Plantevernmiddelresistens - en utfordring også i norsk landbruk. nibio.no, 13.1.2022

Eikås, S., Sørensen, G., Glestad, H.E. & T. Saltnes 2018. Forsøk med fosforgjenvinning i struvittreaktor ved Hias RA i 2017. Vann (3): 271–81

FAO 2014. SAFA Guidelines version 3.0.

[The Sustainability Assessment of Food and Agriculture systems \(SAFA\) Guidelines - Version 3.0 \(fao.org\)](https://www.fao.org/publications/collection/en/the-sustainability-assessment-of-food-and-agriculture-systems-safa-guidelines-version-3.0)

Fjeldstad, W., Norderhaug, A. & F. Ødegaard 2010. Jordbruksareal. I: Kålås, J.A., Henriksen, S., Skjelseth, S. & Å. Viken (red.) 2010. Miljøforhold og påvirkninger for rødlistearter. Artsdatabanken, Trondheim

Fløistad, E. 2018. Hva kan vi gjøre med balderbrå som ikke reagerer på sprøyting? Bonde og Småbruker nr. 5, 2018, s.14

Fox, J.E. m.fl. 2007. Pesticides reduce symbiotic efficiency of nitrogen-fixing rhizobia and host plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(24), 10282-10287

Frøseth, R. B., Bakken, A. K., Bleken, M. A., Riley, H., Pommeresche, R., Thorup-Kristensen, K. & S. Hansen 2014. Effects of green manure herbage management and its digestate from biogas production on barley yield, N recovery, soil structure and earthworm populations. *European Journal of Agronomy*, 52, 90–102. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.006>

Gulden, K.T. 2018. Behov for mer overvåking av plantevernmidler i grunnvann. Bonde og Småbruker nr. 5, 2018, s.12

Gunstone, T. m.fl. 2021. Pesticides and Soil Invertebrates: A Hazard Assessment. *Frontiers in Environmental Science*. 9:643847. doi: 10.3389/fenvs.2021

Günther, M. 2007. Små biller skaper problemer for norsk oljeproduksjon. www.bioforsk.no, 9.11.2007

Halberg, N. 2012. Assessment of the environmental sustainability of organic farming: Definitions, indicators and the major challenges. *Can. J. Plant Sci.* (2012) 92, s. 981-996

Hansen, S., Bernard, M.-E., Rochette, P., Whalen, J.K. & P. Dörsch 2014. Nitrous oxide emissions from a fertile grassland in Western Norway following the application of inorganic and organic fertilizers. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 98, 71–85. <https://doi.org/10.1007/s10705-014-9597-x>

Hansen, S., & F. Engelstad 1999. Earthworm populations in a cool and wet district as affected by tractor traffic and fertilisation. *Appl. Soil Ecol.*, 13, 237–250

Hansen, S. & R. B. Frøseth 2013. Grønngjødsel i økologisk korndyrking – resultat fra Byggro-prosjektet. *Bioforsk Tema nr. 2*, 2013. <https://orgprints.org/id/eprint/30855/>

Hansen, S., Frøseth, R.B., Stenberg, M., Stalenga, J., Olesen, J. E., Krauss, M., Radzikowski, P., Doltra, J., Nadeem, S., Torp, T., Pappa, V. & C.A. Watson 2019. Reviews and syntheses: Review of causes and sources of N₂O emissions and NO₃ leaching from organic arable crop rotations. *Biogeosciences*, 16(14), 2795–2819. <https://doi.org/10.5194/bg-16-2795-2019>

- Hansen, S., Haavik, T.B., Bergslid, I.K., Van Gool, B., Lunnan, T., Røthe, G. & F. Walland 2018. Miljø - og klimavennlig melkeproduksjon. Inspirasjon fra seks melkeproduksjonsbruk. NIBIO Rapport, Vol.4, nr. 96. https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2506690/NIBIO_RAPPORT_2018_4_96.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Hansen, S., Koesling, M., Bergslid, I.K. & G.L. Serikstad 2021a. Miljømessig og økonomisk bærekraft på gårder med økologisk eller konvensjonell melkeproduksjon - studie av 20 gårder i Møre og Romsdal. NORSØK Rapport nr. 10 (6). <https://orgprints.org/id/eprint/43770/>
- Hansen, K.N.J, Koesling, M., Steinshamn, H., Hansen, B.G., Dalgaard, T. & S. Hansen 2024. Comparison of Greenhouse Gas Emissions, Nitrogen Intensity, Gross Margin, and Land Use Occupation between Conventional and Organic Dairy Farms. Agricultural and Food Science. Agricultural and Food Science, 1–18. <https://doi.org/10.23986/afsci.137608>
- Hansen, S., Mæhlum, J. E., & L.R. Bakken 1993. N₂O and CH₄ fluxes in soil influenced by fertilization and tractor traffic. Soil Biology and Biochemistry, 25(5), 621–630. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(93\)90202-M](https://doi.org/10.1016/0038-0717(93)90202-M)
- Hansen, S., Pommeresche, R., Bysveen, K., Grønmyr, F., Rittl, T. & M.A. Bleken 2021b. Karbon til bondens beste. NORSØK Rapport nr. 11 (6). <https://orgprints.org/id/eprint/40013/>
- Hansen, S., Pommeresche, R. & K. McKinnon 2021. Kompostkvalitet og gassutvikling ved ulik behandling av storfetalle. NORSØK Rapport nr. 13, 2021. <https://orgprints.org/id/eprint/42724>
- Hansen, S. & L. Øygarden 2019. Innspill til norsk klimagassmodell på gårdsnivå. NIBIO Rapport, Vol. 5, nr. 67. https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2600155/NIBIO_RAPPORT_2019_5_67.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Haraldsen, K.S. & T. Tuft 2022. Østerriks jordbrukspolitikk. Aktiv struktur- og miljøpolitikk kompenserer utfordrende produksjonsforhold. AgriAnalyse, Rapport 6-2022
- Hegland, T. 1997. Artsmangfold og tetthet av fugl. Prosjektoppgave Høgskolen i Hedmark, avd. Evenstad.
- Hetland, R.B. m.fl. 2014. Inntak av plantevernmidler gjennom drikkevann vurdert i forhold til vedtatte grenseverdier. Rapport til prosjektet «Kartlegging av helseskader fra plantevernmidler – 2014. Folkehelseinstituttet
- Hofmann, F. m.fl. 2019. Biomonitoring der Pestizid - Belastung der Luft mittels Luftgüte - Rindenmonitoring und Multi - Analytik auf über 500 Wirkstoffe inklusive Glyphosat. TIEM Integrierte Umweltüberwachung GbR
- Hole, D.G. m.fl. 2005. Does organic farming benefit biodiversity? Biol. Conserv. 122, s. 113–130
- Holten, J.M.V. m.fl. 2023. Overflatekompostering med tilsetning av urtefermentet Terra Biosa - Effekter på jordbiologi og nitrogen. NORSØK Rapport nr. 2, 2023. <https://orgprints.org/id/eprint/46034/>
- Hoogenboom, L.A.P., Bokhorst, J.G., Nordholt, M.D., Broex, N.J.G., Mevius, D.F., Meijs, J.A.C. & J. van der Roest 2006. Contaminants and micro-organisms in organic food products. I: Abstracts from FQH Workshop, Biofach 2006. FQH Newsletter Feb 2006
- Hu, T., Sørensen, P., & Olesen, J. E. (2018). Soil carbon varies between different organic and conventional management schemes in arable agriculture. European Journal of Agronomy, 94(February), 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.01.010>
- IFOAM Organics International 200x. Prinsippene for økologisk landbruk (norsk oversettelse). [poa_norwegian_web.pdf \(ifoam.bio\)](https://www.ifoam.bio/poa_norwegian_web.pdf)

IPCC 2007. Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Cambridge University Press.

Chirinda, N., M. S Carter, K. R. Albert, P. Ambus, J. E. Olesen, J. R. Porter & S. O. Petersen 2010. Emissions of nitrous oxide from arable organic and conventional cropping systems on two soil types. *AGRICULTURE ECOSYSTEMS & ENVIRONMENT*, 136(3–4), 199–208. [isi:000276275400003](https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.05.003)

IPCC 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu & B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom & New York, NY, USA.

IPCC 2023. Summary for Policymakers. I: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee & J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, s. 1-34, [doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.00](https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.00)

Jespersen, L. M., Skovsbøl, U. & N. Halberg (reds.) 2015. Økologiens bidrag til samfundsgoder. Vidensyntese 2015. ICROFS, Tjele, Danmark

Johansen, N.S. & E. Nordhus. 2004. Resistens mot insektmidler. *Grønn Kunnskap* 8 (2)

Jonsson, O. m.fl. 2022. Pollinatörers exponering för växtskyddsmedel via pollen, nektar och luft i jordbrukslandskapet. *CBK-rapport 2022:1*

Jordal, J.B. 1997. Sopp i naturbeitemarker i Norge. En kunnskapsstatus over utbredelse, økologi indikatorverdi og trusler i et europeisk perspektiv. Utredning for DN 1997-6. Direktoratet for naturforvaltning.

Jordal, J.B. & G. Gaarder 1993. Soppfloraen i en del beitemarker og naturenger i Møre og Romsdal og Trøndelag. Fylkesmannen i Møre og Romsdal, Miljøvernvedelings. Rapport nr. 9, Molde.

Klingen, I., Eilenberg, J. & R. Meadow 2002. Effects of farming system, field margins and bait insect on the occurrence of insect pathogenic fungi in soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 91 (2002) s. 191-198

Knudsen, M.T. m.fl. 2019. The importance of including soil carbon changes, ecotoxicity and biodiversity impacts in environmental life cycle assessments of organic and conventional milk in Western Europe. *Journal of Cleaner Production* 215 (2019) s. 433-443

Koesling, M., Hansen, S. & M. Schüller 2017. Variations of energy intensities and potential for improvements in energy utilization on conventional and organic Norwegian dairy farms. *Journal of Cleaner Production* 164 (2017) 301-314

Korsaeth, A. 2008. Relations between nitrogen leaching and food productivity in organic and conventional cropping systems in a long-term field study. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 127(3-4), 177-188. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880908001229>

Krauss, M., R. Ruser, T. Müller, S. Hansen, P. Mäder & A. Gattinger 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 and Environment*, 239, 324–333. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.029>

- Krause, H., Stehle, M., Mayer, B., Mayer, J., Steffens, M., Mäder, P. & A. Fliessbach 2022. Biological soil quality and soil organic carbon change in biodynamic, organic, and conventional farming systems after 42 years. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(6). <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00843-y>
- Kristoffersen, A. 2023a. Husdyrgjødsel. <https://www.nibio.no/tema/jord/gjodslingshandbok/husdyrgjodsel?locationfilter=true>. Lastet ned 7.12.2023.
- Kristoffersen, A. 2023b. Husdyrgjødsel N-kalkulator. <https://mt.nibio.no/husdyrn/>. Lastet ned 7.12.2023.
- Kvande, I. 2022. Forprosjektering av gårdsbiogassanlegg, NORSØK Rapport nr. 3, 2022. orgprints.org/id/eprint/43751/
- Land, A. 2016. Temaark om livet i jord og kompostering. [Temaark om livet i jorda og kompostering @ Agropub](#).
- Landbruksdirektoratet 2015. [Leiejord – avgjørende for økt norsk matproduksjon](#). Rapport nr. 27/2015
- Landbruksdirektoratet 2023. [Økologiprogram 2019-2030](#). Rapport nr. 8/2019, oppdatert 1.9.2023
- Landbruks- og matdepartementet 2018. Nasjonal strategi for økologisk jordbruk. Nasjonal strategi 2018-2030. [Nasjonale strategier for økologisk jordbruk - regjeringen.no](https://www.regjeringen.no/no/tema/landbruk/okologisk-jordbruk/nasjonale-strategier-for-okologisk-jordbruk-2018-2030)
- Laursen, C. 2022. Økologiens paradoks – refleksjoner om sirkulær økonomi og økologisk tankegang. Innovasjonscenter for Økologisk Landbrug. https://icoel.dk/media/3aqpbypa/notat_oekologisk-produktion-i-den-cirkulaere-oekonomi_december-2022_final.pdf
- Lin, H. C., Huber, J. A., Gerl, G. & K. J. Hülsbergen 2016. Nitrogen balances and nitrogen-use efficiency of different organic and conventional farming systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 105, 1-23.
- Lori, M., Symnaczyk, S., Maäder, P., De Deyn, G. & A. Gattinger 2017. Organic farming enhances soil microbial abundance and activity—A meta-analysis and meta-regression. *PLoS ONE* 12(7): e0180442. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180442>
- Lovdata 2022. Forskrift om økologisk produksjon og merking av økologiske landbruksprodukter, akvakulturprodukter, næringsmidler og fôr m.m. (økologiforskriften). <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2022-06-11-1171>
- Løes, A.-K., Ahuja, I., de Boer, A. & T. Rittl. 2023. Fertilisation effects of marine-derived residual materials on agricultural crops. NORSØK Rapport 7 (13) <https://orgprints.org/id/eprint/45330/>
- Løes, A.-K., Bergslid, I.K., Hareide, N.-R., Kjerstad, M., Midtbø, L.K., Friis Pedersen, S. & L. Sæter 2020. Restråstoff i blå og grønne verdikjeder i Møre og Romsdal – status og mulige bruksområder innen mat, fôr og gjødsel. NORSØK Rapport nr. 5 (12)
- Mattilsynet 2023a. Omsetningsstatistikk for plantevernmidler 2018-2022. Mattilsynet, avd. nasjonale godkjenninger
- Mattilsynet 2023b. Regelverksveileder Økologisk Landbruk. Veileder til økologiforskriften. https://www.mattilsynet.no/om_mattilsynet/gjeldende_regelverk/veiledere/veileder_for_okologisk_landbruk.2651/binary/Veileder%20for%20%C3%B8kologisk%20landbruk. Lastet ned 13.12.2023
- McKinnon, K. 2021. Pesticidrester i kompost og gjødsel: Nisser på lasset. *Gartneryrket* nr. 10, s. 22-27
- McKinnon, K., Løes, A.-K. & M. Almvik 2021. Gjødsel med rester av herbicid: Effekt av klopyralid på oppsplanter. NORSØK Rapport nr. 6, 2021

- Meier, M., Stoessel, F., Jungbluth, N., Juraske, R., Schader, C. & M. Stolze 2015. Environmental impacts of organic and conventional agricultural products – Are the differences captured by life cycle assessment? *Journal of Environmental Management* 149, s. 193-208
- Mogensen, L. m.fl. 2022. Vidensyntese om livscyklusvurderinger og klimaeffektivitet i landbrugssektoren. DCA Rapport nr. 200, Aarhus Universitet
- Moinet, G.Y.K. m.fl. 2023. Carbon for soils, not soils for carbon. *Global Change Biology*, 29, 2384-2398
- Nölting, B. (red.) 2010. Innovative Public Organic Food Procurement for Youth (iPOPY) Findings and recommendations. iPOPY project
- Oberson, A., Jarosch, K.A., Frossard, E., Hammelehle, A., Fliessbach, A., Mäder, P. & J. Mayer 2024. Higher than expected: Nitrogen flows, budgets, and use efficiencies over 35 years of organic and conventional cropping. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol 362, 108802.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880923004619?ref=cra_js_challenge&fr=RR-1
- Pardo, G., Moral, R., Aguilera, E. & A. del Prado 2015. Gaseous emissions from management of solid waste: A systematic review. *Global Change Biology*, 21(3), 1313–1327. <https://doi.org/10.1d111/gcb.12806>
- Pedersen, S.F. & A.-K. Løes 2023. Alternativ gjødsel. Agropub. <https://www.agropub.no/fagartikler/alternativ-gjodsel>. Lastet ned 27.12.2023.
- Petersen, S. O., K. Regina, A. Pollinger, E. Rigler, L. Valli, S. Yamulki, M. Esala, C. Fabbri, E. Syvasalo, E., & F.P. Vinther 2006. Nitrous oxide emissions from organic and conventional crop rotations in five European countries. *AGRICULTURE ECOSYSTEMS & ENVIRONMENT*, 112(2–3), 200–206. [isi:000235120500015](https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.08.015)
- Pfiffner, L. & P. Mäder 1997. Effects of Biodynamic, Organic and Conventional Production Systems on Earthworm Populations. *Biological Agriculture and Horticulture*, 15(1–4), 2–10.
<https://doi.org/10.1080/01448765.1997.9755177>
- Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D. & R. Seidel 2005. Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *BioScience*, 55(7), 573–582
- Pommeresche, P. 2019. Stikk spaden og fingrene i jorda. [Stikk spaden og fingrene i jorda @ Agropub](#)
- Pommeresche, P. 2021. Sjekk jordhelsen med jordlappen. [Sjekk jordhelsen med Jordlappen @ Agropub](#)
- Pommeresche, P. & S. Hansen 2017. Sjekk belgvekstenes egen nitrogenproduksjon. FertilCrop Technical Note, FiBL & NORSØK. [Organic Eprints - Sjekk belgvekstenes egen nitrogenproduksjon \(orgprints.org\)](#)
- Pommeresche, R., McKinnon, K. & Ø. Haugerud 2011. Kompostering. Bioforsk Tema nr. 20, 2011
<https://orgprints.org/id/eprint/30215/>
- Poudel, D.D., Horwath, W.R., Lanini, W. T., Temple, S. R. & A.H.C. van Bruggen 2002. Comparison of soil N availability and leaching potential, crop yields and weeds in organic, low-input and conventional farming systems in northern California. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 90 (2), 125-137.
- Rahmann, G. 2011. Biodiversity and Organic Farming: What do we know? *Landbauforschung Volkenrode* 61 (3), s. 189-208
- Reimer, M., Ringselle, B., Bergkvist, G., Westaway, S., Wittwer, R., Baresel, J. P., Van Der Heijden, M. G. A., Mangerud, K., Finckh, M. R. & L.O. Brandsæter 2019. Interactive effects of subsidiary crops and weed pressure in the transition period to non-inversion tillage, a case study of six sites across northern and central Europe. *Agronomy*, 9(9), 1–22. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090495>

- Relyea, R.A. 2009. A cocktail of contaminants: how mixtures of pesticides at low concentrations affect aquatic communities. *Oecologia* 159:363-376.
- Richardson, J., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J. & S.E. Cornell 2023. Earth beyond six of nine Planetary Boundaries. *Science Advances*, 9, 37
- Riley, H., Pommeresche, R., Eltun, R., Hansen, S. & A. Korsæth 2008. Soil structure, organic matter and earthworm activity in a comparison of cropping systems with contrasting tillage, rotations, fertilizer levels and manure use. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 124(3–4), 275–284.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.11.002>
- Ringselle, B., Børresen, T., Lundkvist, A., Mangerud, K., Skagestad, Ø., Torp, T., Verwijst, T. & L.O. Brandsæter 2024. Root cutters: Novel tillage methods to control creeping perennial weeds with a low risk of soil erosion and nutrient leaching. *Research Square*, 1–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3827798/v1>
- Rittl, T., Krogstad, T., Eikås, S., Saltnes, T., Sørensen, G., Glestad, H.E. & A.-K. Løes 2019. Effects of struvite application on soil and plants: a short-term field study. *NORSØK Rapport 4 (10)*
<https://orgprints.org/id/eprint/36472/>
- Rochette, P. & H.H. Janzen 2005. Towards a revised coefficient for estimating N₂O emissions from legumes. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 73(2–3), 171–179.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å. m.fl. 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2): 32
- Rodhe, L., Niklasson, F., Oostra, H., Gervind, P. & J. Ascue 2015. Kontrollerad trumkompostering med liten klimatpåverkan – emissioner och värmeåtervinning. I: Rapport 427, Lantbruk & Industri. JTI– Institutet för jordbruks- och miljö teknik, Uppsala
- Ruser, R., Flessa, H., Schilling, R., Beese, F. & J.C. Much 2001. Effect of crop-specific field management and N fertilization on N₂O emissions from a fine-loamy soil. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 59, 177–191.
- Sanders, J. & J. Hess (red.) 2019. Leistungen des ökologischeren Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Thünen Report 65, J.H. von Thünen-Institut, DOI:10.3220/REP1547040572000
- Schleiffer, M. & B. Speiser 2022. Presence of pesticides in the environment, transition into organic food, and implications for quality assurance along the European organic food chain - A review. *Environmental Pollution*, vol 313, 120116 2022. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120116>
- Serikstad, G.L. 2016. Råtnerest – aktuelt som gjødsel i økologisk landbruk? *NORSØK Faginfo nr. 6, 2016*.
<https://orgprints.org/id/eprint/30959/>
- Serikstad, G.L. 2018. Økologisk landbruk og klimagasser. *NORSØK Rapport 3(2)*.
<https://orgprints.org/id/eprint/32812/>
- Serikstad, G.L., Hansen, S. & A. de Boer 2013. Biologisk nitrogenbinding – belgvekster som kilde til nitrogen. *Bioforsk Fokus* 8 (3). 52 s. <https://orgprints.org/id/eprint/26728/>
- Serikstad, G.L., McKinnon, K. & T. Eggen 2012. Uønskede stoffer i husdyrgjødsel. Konvensjonell husdyrgjødsel brukt i økologisk drift – er det problematisk? *Bioforsk Rapport 7 (28)*.
- Serikstad, G.L., Pommeresche, R., McKinnon, K. & S. Hansen 2018. Karbon i jord – kilder, handtering og omdanning. *NORSØK Rapport 3 (9)*. <https://orgprints.org/id/eprint/34314/>
- Serikstad, G.L. & I. Sturite 2022. Engbelvekster - en viktig lokal nitrogenkilde. *NORSØK Faginfo nr. 2, 2022*.
<https://orgprints.org/id/eprint/44494/>

- Shcherbak, I., Millar, N. & G.P. Robertson 2014. Global metaanalysis of the nonlinear response of soil nitrous oxide (N₂O) emissions to fertilizer nitrogen. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, 111(25), 9199–9204.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1322434111>
- Sjursen, H. 2001. Biodiversitet av planter ved ulike driftsformer. *Grønn Forskning* nr. 2 2001, s. 92-98
- Skinner, C., Gattinger, A., Muller, A., Mäder, P., Fließbach, A., Stolze, M., Ruser, R. & U. Niggli 2014. Greenhouse gas fluxes from agricultural soils under organic and non-organic management — A global meta-analysis. *Sci. Total Environ.* 468–469, 553–563. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.098>
- Solemdal, S. & G.L. Serikstad 2015. Økologisk landbruk sin spydspissfunksjon. NIBIO Rapport nr. 87, 2015
- SSB 2023. Utslipp til luft. Klimagasser AR5, etter kilde. [Utslipp til luft – SSB](#). Lastet ned 12.12.2023
- Stehfest, E. & L. Bouwman 2006. N₂O and NO emissions from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modeling of global annual emissions. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 74, 207–228
- Store norske leksikon 2023. Halogenerte hydrokarboner. https://snl.no/halogenerte_hydrokarboner
- Sturite, I., S. Rivedal & P. Dörsch 2021. Clover increases N₂O emissions in boreal leys during winter. *Soil Biology and Biochemistry*, 163(October). <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108459>
- Sæter, L. & I. Kvande 2021. Energiforbruk i mjølkefjøs. Forbruksmønster og mulighet for energisparing. NORSØK Rapport nr. 2, 2021. <https://orgprints.org/id/eprint/39419/>
- Tamburini, G. m.fl. 2020. Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Science Advances* 2020; 6, nr. 45, eaba 1715
- Torstensson, G., Aronsson, H. & L. Bergstrom 2006. Nutrient use efficiencies and leaching of organic and conventional cropping systems in Sweden. *Agron. J.*, 98, 603–615, 2006
- Tuck, S.L. m.fl. 2014. Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity. A hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 746–755.
- Van der Werf, H.M.G., Knudsen, M.T. & C. Cederberg 2020. Towards better representation of organic agriculture in life cycle assessment. *Nature Sustainability* 2020. *Nature Sustainability Perspective*, publisert 16.3.2020
- Verdenskommisjonen for miljø og utvikling 1987. *Vår felles framtid*. FN, New York
- Weedscience.org 2023. International Herbicide-resistant weed database, lastet ned 28.12.2023
- Weigel, M.M., Berge, T.W., Salonen, J., Lötjönen, T., Gerowitt, B. & L. O. Brandsæter 2023. Combining disturbance and competition to control creeping perennial weeds in a field study on three northern European sites. *Frontiers in Agronomy*, 5, 17. <https://doi.org/10.3389/fagro.2023.1330222>
- Westphal, M., Tenuta, M. & M.H. Entz 2018. Nitrous oxide emissions with organic crop production depends on fall soil moisture. *Agric. Ecosyst. Environ.* 254, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.005>
- Wivstad, M. 2005. *Kemiska bekämpningsmedel i svenskt jordbruk – användning och risker för miljö och hälsa*. CUL, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Wivstad, M., Salomon, E. & J. Spångberg 2023 Survey of farm-gate N and P balances on arable and dairy organic and conventional farms in Sweden—basis for improved management. *Organic Agriculture*, 13(3), 411–430. <https://doi.org/10.1007/s13165-023-00436-3>

Woodcock, B.A. m.fl. 2017. Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honeybees and wild bees. *Science*, vol. 356, nr. 6345, s. 1393-1395

Aarstad, P.A. & B. Bjørlo 2019. Bruk av plantevernmidler i jordbruket 2017. Rapporten 2019/23, Statistisk Sentralbyrå



Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK er ei privat, sjølvstendig stifting.

Stiftinga er eit nasjonalt senter for tverrfagleg forskning og kunnskapsformidling for å utvikle økologisk landbruk. NORSØK skal bidra med kunnskap for eit meir berekraftig landbruk og samfunn. Fagområda er økologisk landbruk og matproduksjon, miljø og fornybar energi.

Besøks- /postadresse

Gunnars veg 6
6630 Tingvoll

Kontakt

Tlf. +47 930 09 884
E-post: post@norsok.no
www.norsok.no