

# En kunnskapsstatus om bærekraftig norsk fôrproduksjon til havbruk og husdyr i jordbruket



Anders Mahlum Melås  
Marit Aursand  
Ida Grong Aursand  
Bjørn Eidem  
Silje Forbord  
Gunn-Turid Kvam  
Roald Sand  
Inger Beate Standal  
Grete Stokstad  
Egil Petter Stræte  
Margareth Øverland

RURALIS - Institutt for rural- og regionalforskning  
Universitetscenteret Dragvoll  
N-7491 Trondheim

Telefon: +47 73 82 01 60  
E-post: post@ruralis.no

## Rapport 2/2022

Utgivelsesår: 2022

Antall sider: 72

**Tittel:** Kunnskapsstatus om bærekraftig norsk fôrproduksjon til havbruk og husdyr i jordbruket

**Forfattere:** Anders Mahlum Melås<sup>1</sup>, Marit Aursand<sup>2</sup>, Ida Grong Aursand<sup>2</sup>, Bjørn Eidem<sup>1</sup>, Silje Forbord<sup>2</sup>, Gunn-Turid Kvam<sup>1</sup>, Roald Sand<sup>3</sup>, Inger Beate Standal<sup>2</sup>, Grete Stokstad<sup>4</sup>, Egil Petter Stræte<sup>1</sup>, Margareth Øverland<sup>5</sup>

**Utgiver:** Ruralis – Institutt for rural- og regionalforskning

**Utgiversted:** Trondheim

**Prosjekt:** Grunnlag for en bærekraftig norsk fôrproduksjon til havbruk og husdyr i jordbruket - forprosjekt

**Prosjektnummer Ruralis:** 6611

**Oppdragsgiver:** Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri (FFL/JA) (2020/52583, Agros 137220)

### Kort sammendrag

Denne rapporten oppsummerer status for en rekke fôrråvarer og diskuterer ulike aspekter av bærekraft relatert til fôr og fôrsystem. Prosjektet har vært et samarbeid mellom forskere fra Ruralis – institutt for rural- og regionalforskning, SINTEF Ocean, NIBIO, NMBU Biovit og TFoU (nå SINTEF Digital). Arbeidet er finansiert av Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri og egeninnsats fra brukerpartnere i prosjektet.

**Stikkord:** fôr, fôrråvarer, sirkulær økonomi, bærekraft, jordbruk, havbruk

---

<sup>1</sup> Ruralis

<sup>2</sup> SINTEF Ocean

<sup>3</sup> SINTEF Digital

<sup>4</sup> NIBIO

<sup>5</sup> NMBU Biovit

## Forord

Denne rapporten er et resultat fra forprosjektet *Bærekraftig norsk fôrproduksjon til havbruk og husdyr i jordbruket*. Prosjektet er utført i perioden januar 2021 til april 2022. Målet med prosjektet er å kartlegge og reise de mest relevante forskningsspørsmålene og kunnskapshullene når det gjelder bærekraftig fôrproduksjon i Norge. Rapporten er et viktig bidrag til et kunnskapsgrunnlag for et hovedprosjekt med en samfunnsfaglig innramming og flerfaglige tilnærminger.

Prosjektet er finansiert av forskningsmidlene for jordbruk og matindustri og egeninnsats fra partnerne i prosjektet.

Vi takker våre samarbeidspartnere og andre som har bidratt underveis i arbeidet.

4. mai 2022

Forfatterne

Forsidefoto: Colourbox

# Innholdsfortegnelse

Forord.....	2
Innholdsfortegnelse .....	3
Tabeller .....	4
Figurer .....	4
Sammendrag .....	5
Summary .....	6
1. Innledning .....	7
1.1 Bakgrunn.....	7
1.2 Formål med rapporten .....	8
1.3 Hva forstår vi med fôr? .....	9
1.4 Teknologi og produksjonskjeder .....	9
1.5 Fôrsystem .....	10
2. Oversikt over fôrråvarer .....	11
2.1 Grovfôr fra dyrka arealer.....	11
2.2 Grovfôr fra utmark.....	15
2.3 Fôringredienser fra grovfôr .....	17
2.4 Trefiber .....	19
2.5 Fôr fra korn .....	22
2.6 Fisk .....	24
2.7 Plankton.....	26
2.8 Makroalger (tang og tare) .....	27
2.9 Lavtrofiske organismer .....	28
2.10 Insekter .....	33
2.11 Fototrofe mikroorganismer – mikroalger og blågrønnbakterier .....	35
2.12 Restråstoff .....	38
3. Fôrbehov og import av fôringredienser.....	42
4. Prosjekter og initiativ om fôr .....	45
5. Relevante databaser .....	48

6. Bærekraft og helhetlige studier .....	51
6.1 Klima og miljømessig bærekraft.....	52
6.2 Økonomisk bærekraft.....	54
6.3 Sosial bærekraft i nye verdikjeder for fôr .....	55
7. Oppsummering .....	58
Referanser .....	61

## Tabeller

Tabell 1: Arealfordeling i henhold til jordkvalitet på fulldyrka og overflatedyrka jord (daa og %). Klassifiseringen tar ikke hensyn til temperatur og værforhold. ....	12
Tabell 2: Arealer av skog og annet tresatt areal i 2018 .....	20
Tabell 3: Arealer av korn, olje- og belgvekster i gjennomsnitt for årene 2016-2018. Arealene er avrundet til nærmeste 100 dekar. ....	23
Tabell 4: Potensielt areal av oljevekster, erter og åkerbønne ved et totalareal på ca. 2,9 mill. dekar. Det øvrige kornarealet er fordelt mellom kornartene .....	23
Tabell 5: Teoretisk tilgjengelig sukker fra norsk, lignocellulose-basert biomasse og et konservativt anslag for hvor mye encelleprotein dette kan gi grunnlag for å produsere.....	24
Tabell 6: Sammensetningen av <i>C. intestinalis</i> .....	32
Tabell 7: Restråstoff fra sjømatindustrien i 2018 produsert i Norge og fordelt på ulike sektorer .....	40
Tabell 8: Andel grovfôr og kraftfôr i rasjonen til de forskjellige husdyra, samt total norskandel i fôret i et normalår.....	42
Tabell 9: Ingredienser brukt i norsk laksefôr i 2016 .....	44
Tabell 10: Arealegenskaper knyttet til arealer i AR5 .....	49
Tabell 11: Arealtyper som er registrert i arealressurskartet AR5, sum areal i Norge og andel av totalt areal .....	49

## Figurer

Figur 1: Avlingstyper og jordbruksareal i drift .....	14
Figur 2: Stående volum uten bark i Norge, mill. kubikkmeter .....	21
Figur 3: Sammensetningen av laksefôr 1990-2016 .....	25
Figur 4: Ingredienser i kraftfôr til de ulike husdyrproduksjonene.....	43

## Sammendrag

Det er for tida stor oppmerksomhet rundt det å øke andelen av norskproduserte ingredienser i fôr til husdyr og ikke minst å øke tilgangen av fôr til havbruksnæringen som har store vekstambisjoner. Formålet med denne rapporten er å lage en oversikt over litteratur og pågående prosjekter som faller inn under temaet bærekraftig norsk fôrproduksjon. I denne kunnskapsstatusen inkluderer vi i utgangspunktet alt som omfatter landbaserte bioressurser som er relevante for fôr. I tillegg ser vi på litteratur på marine ressurser, mikroorganismer, restråstoff og bruk av ulike teknologier og foredlingsmetoder for å omdanne bioressurser til høyverdige næringsstoffer. Med mange initiativ og potensielle bioressurser som kan bli fôrressurser, er det behov for analyser som skaper en oversikt over sammenhengene og setter de ulike delene av det norske fôrsystemet sammen til en helhet. Bruk av nye fôringredienser vil reise nye problemstillinger og det vil være ulike interesser knyttet til de ressursene som er aktuelle å bruke. For å få mer innsikt i dette kreves mer kunnskap. Videre vil det å overvinne barrierer kreve at kunnskapsmiljø og bedrifter både i blå og grønn sektor og i ulike posisjoner i verdikjedene jobber sammen for å fremme mulighetene og løse barrierene på tvers av sektorer og på tvers av verdikjeder hvor fôr er involvert.

## Summary

There is currently a great deal of attention in Norway paid to increasing the share of domestically produced ingredients in feed for livestock and not least to increasing the supply of feed resources to the aquaculture industry, which has great growth ambitions. The purpose of this report is to create an overview of literature and ongoing projects that fall under the theme of sustainable Norwegian feed production. In this state of knowledge, we include everything that includes land-based bioresources that are relevant to feed. In addition, we look at the literature on marine resources, microorganisms, residual raw materials and the use of various technologies and processing methods to convert bioresources into high-value nutrients. With many initiatives and potential bio-resources that can become feed resources, analyzes are needed that create an overview of the connections and put the various parts of the Norwegian feed system together into a whole. The use of new feed ingredients will raise some new issues and there will be different interests related to the resources that are relevant to use. To gain more insight into this, more knowledge is required. Furthermore, overcoming barriers will require that the knowledge institutions and companies in both the blue and green sectors and in different positions in the value chains work together to promote opportunities and solve barriers across sectors and across value chains where feed is involved.

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Det er for tida stor oppmerksomhet knyttet til å øke andelen av norskproduserte ingredienser i fôr til husdyrproduksjonen i jordbruket og ikke minst å øke tilgangen til fôr til ei havbruksnæring med store vekstambisjoner (Almås og Aursand, 2019; Rømo mfl., 2020, Hurdalsplattformen, 2021). For husdyrproduksjonen er det også lagt vekt på å forbedre grovfôrkvaliteten for å kunne øke andelen grovfôr og dermed redusere andelen med kraftfôr, samt å finne norskproduserte ingredienser i kraftfôr for særlig å redusere importen av soya fra Brasil. For havbruk er det uttrykt ambisjoner om en nærmere femdobling av produksjonsvolumet (Ånestad og Sollund, 2021), og dette vil kreve tilsvarende økt tilgang på fôr. Fiskefôr inneholder i dag om lag 30 prosent marine og 70 prosent vegetabiliske råvarer. Norskprodusert andel av ingredienser til kraftfôr til husdyr er 48 prosent (Budsjettnemnda for jordbruket, 2020), mens den norskproduserte andelen av fiskefôringredienser er om lag fem prosent etter nedgang fra 16 prosent i 2012 (Eidem, 2017). Norskprodusert andel av den totale fôrmengden til husdyr varierer med husdyrslaga. For melkeproduksjon, når grovfôr tas med, ligger på over 80 prosent. TINE har uttalt at det er et mål at den totale fôrrasjonen til kua skal bli 100 prosent norsk (Norsk landbruk, 2020). Det er generelt uttrykt ambisjoner fra flere hold om at andelen norskprodusert fôr må økes. Dette er dermed også en markedsmulighet for bruk av norske bioressurser. Det omfatter blant annet mulighet for norsk jordbruk til å bli en fôrleverandør til havbruk hvor vekstambisjoner og muligheter er store.

Det pågår en rekke prosjekter og arbeider, for eksempel Foods of Norway, NordicFeed, Biocycle, Complete, Magifold mfl. (Sand m.fl., 2020) som søker å utvikle nye fôrråvarer basert på bioressurser fra jord (korn, proteinvekster mv), skog (fiber) og hav (restråstoffer, tare, mikroalger, krill mv) basert på ny teknologi. I tillegg er insekter en alternativ fôrressurs for både fisk og landdyr. Videre er konvertering av fôr til oppdrettslaks basert på naturgass også en retning som det arbeides med, og som kan skape radikale endringer i fôrmarkedet. Det er behov for å se på helheten i de muligheter som studeres, om ressursgrunnlaget som skal til og volumene som trengs. Hvordan er tilgjengeligheten av bioressurser som kan bli fôringredienser? Hva er mulighetene med hvilke bioressurser og med hvilke foredlingssteknologier? Og ikke minst viktig, hva er økonomien i ulike alternativer?

Ny og bedre bruk av bioressurser til fôr kan gi et stort løft for næringsutvikling og verdiskaping i Bygde-Norge. Vi vet også at det er arealer med bioressurser som i liten og stadig mindre grad brukes i næringsssammenheng (gamle beitearealer, gjengroingsarealer mv). På den andre siden kan en kraftig økning av produksjon og uttak av bioressurser også møte andre interesser til ressursene, både næringsmessige,



miljømessige og andre samfunnsinteresser, og nye konkurranseflater vil oppstå. Det kan bli stor interesse for de samme arealressursene, enten det er dyrka jord, skogarealer eller i strandsonen. Det er med andre ord både potensialer som kan fremme ei utvikling, og interessemotsetninger som kan hemme. Videre vil den teknologiske modenheten i prosessering av bioressurser være viktig for i hvilken grad en ressurs kan utnyttes kommersielt. Også økonomisk bærekraft må være til stede for at en ressurs kan få betydning som fôr.

Vi ser at det er en rekke spørsmål det mangler kunnskap om. Hva er det samla fôrbehovet til husdyr og til havbruk, og hva er behovet framover gitt ulike scenarier? Hvilke råvarer har vi i Norge, hvilke ingredienser kan det være mulig å utvinne? Hvilke arealer trengs, og hvilke er egnet og tilgjengelige? Kan gjengroingsarealer benyttes? Hvilke prosesseringsmetoder kan foredle fram viktige ingredienser til fôr? Hvilke volum av de ulike ingrediensene kan produseres til hvilken kostnad? Hva er potensiell verdi/lønnsomhet? Hva skal til for at de ulike fôringrediensene skal bli lønnsomme? Er det nye arter som kan brukes? Hva kan jordbruket gjøre for å produsere attraktivt fôr til havbruk til en akseptabel pris? Hvordan er verdikjedene for fôr? Dette er noen av spørsmålene vi har registrert at det er interesse å få svar på.

Det er behov for kunnskap som setter sammen de ulike produksjonsformene av fôr; vurderer totalbehov for bioressurser ved ulike alternativer; vurderer om det er mulig å skape vinn-vinn situasjoner i tilfeller hvor noen steder har overflod av bioressurser, mens det andre steder er lite ressurser og kamp om dem; får fram mulige interessemotsetninger; vurderer hvordan marked med tilbud og etterspørsel kan virke inn; om grunneiere vurderer andre produksjoner og utnyttelse av andre bioressurser på arealene enn dagens; og vurderer behov for nye reguleringer og virkemidler.

Som et ledd i å etablere mer målretta forskning på feltet, er det gjennomført en forstudie som munner ut i denne rapporten. Rapporten gir ikke svar på alle spørsmålene nevnt over, men er et forsøk på å gi et systematisk overblikk av hva vi har av kunnskap og hva vi mangler.

## **1.2 Formål med rapporten**

Formålet med denne rapporten er å lage en oversikt over litteratur og pågående prosjekter som faller inn under temaet bærekraftig norsk fôrproduksjon. I denne kunnskapsstatusen inkluderer vi alt som omfatter de landbaserte bioressursene som er relevante for fôr. I tillegg ser vi på litteratur rundt marine ressurser, mikroorganismer, restråstoff og ulike teknologier og foredlingsmetoder. Denne rapporten er inspirert av en omfattende studie gjort av SINTEF Ocean, om fôr til laksenæringen. I rapporten ble det vurdert 23 ulike råvarer for fremtidens fôrbehov i norsk oppdrettsnæring der den nasjonale ambisjonen har et mål en femdobling innen 2050. De kommer frem til at sju av disse kan regnes som realistiske bidragsyttere for å

dekke det fremtidige fôrbehovet, og blant disse igjen er tre i industriell storskalaproduksjon (Almås m.fl., 2020). Vi har ikke valgt å gjengi alle kilder brukt i den rapporten, men refererer til denne som hovedkilde. I tillegg har vi lagt til andre utfyllende kilder.

### **1.3 Hva forstår vi med fôr?**

Dyrs næringsopptak skjer ved beiting eller fôring. Beiting karakteriseres av at dyret finner og eter gras eller andre vekster på rot. Fôr er da noe som tilfører dyra næringsstoffer gjennom å være høstet, bearbeidet og/eller gjort tilgjengelig for dyret av mennesker. Dyrs næringsopptak er summen av beiting og fôring (Eidem og Melås, 2021). Dette gjelder både husdyr i jordbruket og akvakultur.

Ved animalsk produksjon i landbruket er beiting noe som foregår ved at dyr kan bevege seg rundt og ta til seg av vekster på rot. I akvakultur kan det være annerledes, og den ufôra eller beitebaserte produksjonen foregår ved at dyret (musling, tunikat etc.) sitter fast, mens mikroalger og andre mikronæringsstoffer strømmer forbi i vannet. Det finnes også ufora oppdrett der fisk beiter i næringsrikt slam på bunnen av dammer på land. Det mest vanlige i norsk sammenheng er at villfisk beiter, oppdrettslaks spiser fôr, drøvtyggere har ulike kombinasjoner av fôring og beiting og at kjøttproduksjon med enmaga dyr som gris og kylling spiser fôr.

Dette betyr at i spørsmål om bærekraftig fôrproduksjon, er det primært ingredienser til fôr vi er opptatt av, men beiting og beiteressurser påvirker også det totale næringsbehovet og inntaket, og dermed også fôrbehovet hos drøvtyggere. Videre må beiteressurser også inkluderes i de tilfeller hvor det er aktuelt å bruke disse til fôr, enten det er til drøvtyggere, enmaga kjøttproduksjon eller lakseoppdrett.

### **1.4 Teknologi og produksjonskjeder**

Evolusjonen har gjennom årtusener gjort at ulike dyreslag har spesialisert seg på beite- og næringsressurser. Mennesket har med kunnskap og teknologi bidratt til å foredle og konservere fôr til dyra for både å øke produksjonsvolumet og å utjamne sesongsvingninger. Internasjonal handel har gjort det attraktivt med internasjonale produksjons- og verdikjeder. Etter hvert har flere produksjoner, slik som gris, kylling og laks, blitt dominert med tilførsel av hundre prosent industrielt produsert fôr (Eidem og Melås, 2021). De siste årene har ny kunnskap og teknologi åpnet for bruk av helt nye råvarer til å lage viktige fôringredienser i det industrielle fôret. Fôr er dermed blitt et sammensatt naturfaglig og økonomisk felt hvor biologi, arealressurser, teknologi, økonomi og samfunn er tett sammenvevd. På toppen av dette kommer behovet for et grønt skifte som inneholder tiltak for å redusere skadevirkninger av klimaendringer og mer vekt på sirkulær økonomi.

## 1.5 Fôrsystem

Fôr kan og bør forstås som et eller flere delsystem av matsystemet. Systemene er sammensatt av ulike nettverk av aktører og aktiviteter på tvers av forsyningskjedene. Fôrsystemene inkluderer aktører som er involvert i produksjon av råvarer, prosessering til fôringredienser og fôrproduksjon til både akvakultur og husdyr i jordbruket. Videre er fôrsystemene knyttet sammen både horisontalt og vertikalt. Horisontalt, med de bredere økologiske, sosiale, politiske/kulturelle og økonomiske systemene (Gaitán-Cremaschi m.fl., 2019), og vertikalt, med lokale, regionale, nasjonale og globale systemer for matproduksjon og forbruk. Den økende interessen for å finne nye kilder for fôringredienser i Norge betyr at det tradisjonelle fôrsystemet ligger åpent for nye muligheter, men kan også virke forstyrrende for etablerte matsystemer og ha potensielt gjennomgripende konsekvenser for hele matsystemet.

Det vil derfor være behov framover for mer kunnskap om systemiske prosesser og kapasitet og dynamikk til systemendring. Forskningsfronten beveger seg fort når det gjelder spesifikke arter og fôringredienser, mens det ser ut til å ta lengre tid å se ny kunnskap i sammenheng og hvilke systemendringer det både vil medføre og kreve for at det blir realisert i større skala.

Systemtenkning gir et rammeverk for å identifisere viktige drivere for endring, prosesser, sammenhenger og relasjoner for å analysere nye teknologier og deres potensial for systemisk innovasjon (Wiezzorek og Hekkert, 2012). Det omfatter blant annet om aktuell ny teknologi i denne sammenhengen:

- Bidrar til sammenheng mellom den sosiale, miljømessige, økonomiske og kulturelle bærekraften til jordbruket
- Tar tak i drivere og underliggende årsaker til systematferd i stedet for å behandle et symptom på atferd
- Muliggjør overganger fra lineær produksjon til sirkulære produksjonssystemer
- Fremmer motstand mot systemsjokk, slik som for eksempel pandemier
- Stimulerer fremveksten av nullutslipp i produksjonen
- Involverer og bruker kunnskap fra ulike interessenter for å bygge og styrke bærekraftige systemrelasjoner
- Bidrar til større helhet i et bærekraftig fôrsystem

Selv om vi her er begrenset til et fôrsystem, er systemtenkning et middel til å forstå de komplekse gjensidige avhengighetene til sosio-tekniske systemer og hvordan endringer i ett system kan ha ulike konsekvenser for bærekraft ved at systemene er koplet sammen. En bedre forståelse av disse underliggende relasjonene og dynamikken vil være nyttig, for ikke å si nødvendig, informasjon for beslutningstakere (Brouwer m.fl., 2020).

## 2. Oversikt over fôrråvarer

I dette kapitlet beskriver vi ulike fôrråvarer, både eksisterende og potensielle, for å forsøke å gjøre opp en status for hvordan dagens fôrsystem ser ut. Dette oversiktsbildet sier også noe om hvordan morgendagens fôrsystem kan se ut, med utvikling og oppskalering av nye teknologier, prosesseringsmetoder, sirkulære verdikjeder og utnyttelsesmåter. Der det har vært mulig har vi forsøkt å si noe om mengden ressurser tilgjengelig av råstoffet, hvorvidt det er teknologiske utfordringer knyttet til utnyttelse av råvaren, og hvilke andre hovedutfordringer som eventuelt bremses (videre) utnyttelse av råvaren. I tillegg har vi i noen tilfeller pekt på mulige interessekonflikter som kan oppstå, eller allerede er til stede, ved bruk av råvaren som bestanddel i verdikjeder for fôr.

### 2.1 Grovfôr fra dyrka arealer

Det produseres årlig 6,7 millioner tonn (tørrstoff) gras, noe som utgjør 870.000 tonn råprotein (Almås m.fl., 2020). Avlingsnivået på grovfôret har holdt seg relativt stabilt de siste 20 årene (Landbruksdirektoratet, 2021).

NIBIO har en rekke publikasjoner om økonomien i ulike landbruksregioner. Disse rapportene er basert på Driftsgranskingene, som er en årlig landsomfattende regnskapsundersøkelse. Det vil ikke vises til resultater i denne kunnskapsoversikten, men heller refereres til noen av de seneste rapportene: Berger & Haukås, 2020; Berger m.fl., 2020; Hansen, 2019; Rye m.fl., 2020.

#### Jordkvalitet

En viktig faktor når det kommer til fôrproduksjon er kvaliteten på jorda fôret dyrkes på. Ved NIBIO er det gjennomført en utvalgskartlegging av jordkvalitet på jordbruksareal. Det gjør at en kan estimere fordelingen eller forekomsten av ulike jordtyper for hele landet. Lågbu m.fl. (2018) presenterer resultater for Norge basert på denne kartleggingen. Kartleggingen er basert på feltarbeid og det er samlet inn den samme typen informasjon som for kartleggingen av sammenhengende områder. Fulldyrka og overflatedyrka jord innen de kartlagte områdene er delt inn i tre jordkvalitetsklasser: Svært god jordkvalitet, god jordkvalitet og mindre god jordkvalitet. Inndelingen er basert på en vurdering av jordegenskaper som er viktige for den agronomiske bruken av jorda, samt helling på arealet. Jordkvalitetstemaet tar ikke hensyn til klima og forutsetter at jorda er drevet i henhold til god agronomisk praksis. Jordkvalitet i tabell 1 nedenfor er ikke direkte overførbart til å avgjøre hva som kan dyrkes hvor, men først og fremst relativ verdi av jord innen det samme området.

*Tabell 1: Arealfordeling i henhold til jordkvalitet på fulldyrka og overflatedyrka jord (daa og %). Klassifiseringen tar ikke hensyn til temperatur og værforhold.*

Region	Klasse1		Klasse2		Klasse3		Sum	
	Svært god jordkvalitet daa	%	God jordkvalitet daa	%	Mindre god jordkvalitet daa	%	daa	%
Østlandet	1 581 300	66	706 800	30	105 900	4	2 394 000	100
Innlandet	1 269 900	66	539 000	28	123 400	6	1 932 300	100
Sørlandet og Rogaland	577 300	52	402 200	36	136 300	12	1 115 800	100
Vestlandet	310 500	28	597 300	53	218 900	19	1 126 700	100
Trøndelag	787 300	52	628 900	42	98 200	6	1 514 400	100
Nord-Norge	365 200	38	469 900	48	135 600	14	970 800	100
NORGE	4 891 600	54	3 344 100	37	818 400	9	9 054 100	100

Jordkvalitet kan først og fremst brukes som et redskap til bruk i overordnet planlegging og utredning av utbyggingsprosjekter som berører fulldyrka og overflatedyrka jord. Som beslutningskriterium er jordkvalitet best egnet til å vurdere verdien av større geografiske områder, for eksempel ved vurdering av ulike vegtraséer.

Arealer i klassen Svært god jordkvalitet er lettdrevne arealer som normalt gir gode og årvisse avlinger av kulturvekster tilpasset lokalt klima. Det forutsettes at arealer med grøftebehov har fungerende grøftetilstand, og at tørkeutsatt jord kan vannes. 54 prosent av fulldyrka og overflatedyrka jord i Norge er anslått å ha Svært god jordkvalitet (4 891 600 daa).

I klasse 2, God jordkvalitet, har fulldyrka og overflatedyrka jord egenskaper som kan begrense vekstvalg og påvirke den agronomiske praksisen. Dette kan være jordegenskaper som er ugunstige for enkelte kulturvekster, for eksempel arealer med helling fra 20 prosent til 33 prosent eller svært tørkeutsatt jord. 37 prosent av fulldyrka og overflatedyrka jord i Norge er anslått å ha God jordkvalitet (3 344 100 daa).

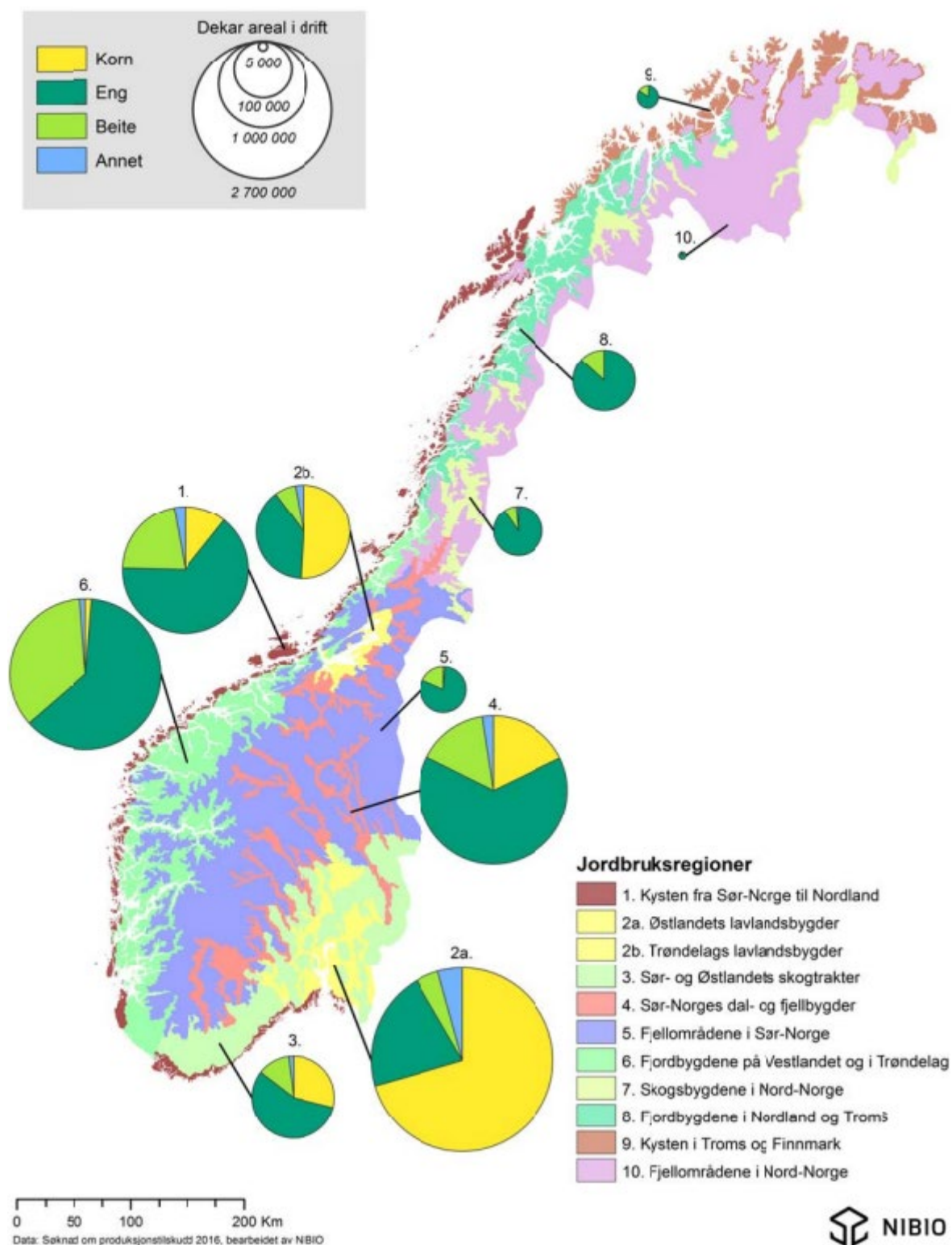
9 prosent av fulldyrka og overflatedyrka jord i Norge er anslått å tilhøre klasse 3, Mindre god jordkvalitet (818 400 daa). Dette er arealer med store begrensninger som i stor grad påvirker valg av vekster og agronomisk praksis, eller som utgjøres av bratt helling (> 33 prosent).

Om lag 55 prosent av jordbruksarealet i Norge er fullstendig kartlagt med hensyn til jordkvalitet. Denne jordkartleggingen pågår fortsatt. Per i dag har det vært en fullstendig jordkartlegging i mange viktige jordbruksområder. Mange ulike jordparametere registreres. Disse er brukt til å inndele jord i ulike typer kategorier avhengig av formål.

## Geografisk fordeling av arealbruk og husdyrhold

Stokstad and Puschmann (2018) har studert den geografiske fordelingen av arealbruk og husdyrhold i Norge. De har sammenlignet jordbruksdrift og arealbruk innen jordbruksregionene og studert geografisk fordeling av produksjon i landbruket basert på data fra søknad om produksjonstilskudd 2016. **Kysten i Sør-Norge og Nordland** har ca. 9 prosent dyrka mark. Det er dårlig arrondert og har en gjennomsnittlig liten bruksstørrelse. **Østlandets og Trøndelags lavlandsbygder** er den jordbruksregionen hvor størst andel av dyrkbar jord er oppdyrket, og det er store sammenhengende jordbruksarealer. 70 prosent av arealet brukes til korndyrking og spesialisert grønnsaksproduksjon. **Sør- og Østlandets skogtrakter** har 7 prosent dyrka mark og preges av små og mellomstore gårder. **Fjellområdene i Sør-Norge** dekker 28 prosent av landarealet i Norge og var tidligere preget av seterdrift. Kun om lag 1 prosent av setrene som var i drift i 1850 er fortsatt i drift, og store deler av dette arealet gror igjen. Det ligger fortsatt ganske mange aktive gårdsbruk her. **Fjordbygdene på Vestlandet og i Trøndelag** er preget av fjorder omringet av fjell. Gårdene er relativt små, men det varierer. Noen steder foregår det fruktproduksjon som utgjør en stor andel av den nasjonale produksjonen. **Skogsbygdene i Nord-Norge** har mye barskog og morene. De minste brukene er ikke lenger i drift, og mye av den dyrka marka ligger i flate områder. Regionen har en del gode utmarksteiger. **Fjordbygdene i Nordland og Troms** har kortere fjorder enn på Vestlandet. Det har skjedd noe nydyrking, og mye av husdyrholdet består i sau. **Kysten i Troms og Finnmark** er svært værutsatt og har lite skog. Mye av driften var tidligere preget av en kombinasjon mellom jordbruk og fiske, men det meste er fraflyttet. Mye har gått over til fritidsbruk. De gårdene som fortsatt er aktive er relativt store, og driver med grasproduksjon og husdyrhold. **Fjellområdene i Nord-Norge** er et stort areal, men en veldig liten andel er jordbruksmark, da grovfôr. Tamrein er utbredt, men flyttes mot kysten for sommerbeite.

## Avlingstyper og jordbruksareal i drift



Figur 1: Avlingstyper og jordbruksareal i drift

Kilde: (Stokstad og Puschmann, 2018, s. 22)

## Jordbruksareal ute av drift

Mathiesen (2019) har ved bruk av registerdata og kart over landets arealressurser beregnet hvor mye jordbruksareal som er ute av drift av de kartlagte jordbruksarealene ved at det ikke ble søkt om produksjonstilskudd for disse arealene i 2018. Ved å sammenligne kartdata i AR5 (se kapittel 5) over alt jordbruksareal<sup>6</sup> og informasjon fra søknader om produksjonstilskudd er det mulig å komme frem til hvor mye av landets kartlagte areal som kan være ute av drift. Nærmere 1,5 mill. daa, det vil si 13 prosent av landets jordbruksareal, kan være ute av drift. Det trenger ikke nødvendigvis å bety at disse arealene ikke er dyrkbare lenger. Grunner til at det ikke er søkt om produksjonstilskudd for noen arealer kan være flere, som for eksempel at produksjonen som drives ikke er tilskuddsberettiget, eller at eieren av jorda velger å ikke drive den eller ikke klarer å få andre til å drive den. Bakgrunnen for studien var tørkeåret 2018, og behovet for bedre oversikt over hvilke arealer som kunne benyttes til dyrking av fôr. Mathiesen oppfordrer lokal landbruksforvaltning og næringsdrivende i jordbruket til mer finmaskede analyser av landbruksareal ute av drift.

Det produseres altså årlig ca. 6,7 millioner tonn tørrstoff gras. Siden det er anslått at 13 prosent av arealene er ute av drift, er det her et potensial til mer produksjon om disse arealene var tatt i bruk. Antakelig er dette mer marginale arealer, slik at potensialet er neppe like stort som i mer produktive områder. Det er også et potensial i økt avling pr dekar og bedre kvalitet gjennom forbedret drift, bedre utnyttelse av gjødslingen, optimalisert høsting osv. (se også prosjektet Grovfôr 2020). Noen viktige utfordringer for mer bruk av gras direkte som fôr er strukturutviklinga i jordbruket som fører til at mer marginale arealer går ut av bruk, samt nedbygging av dyrka mark (Forbord m.fl., 2014; Vik, 2020).

## 2.2 Grovfôr fra utmark

Utmarksressurser har vært, og er fortsatt, en viktig del av norsk jordbruk. Blant kyr og storfe var utmarksbeiteandelen 28 prosent i 2020 og denne andelen har økt de siste 15 årene. For voksne sauer var den i 2020 på 83 prosent (Landbruksdirektoratet, 2021). Et kartleggingsprosjekt av utmarksressurser satt i gang av Norsk institutt for skog og landskap har kommet frem til at det teoretisk skal være mulig å høste 950 millioner fôrenheter fra norsk utmark. Dersom man medregner at noe av dette er lite tilgjengelig av praktiske grunner kan tallet nedjusteres til ca. 760 millioner fôrenheter (Rekdal, 2013). I prosjektet «Bærekraftig storfeproduksjon basert på grovfôr» har Rekdal og Angeloff (2020) beskrevet ressursgrunnlaget for utmarksbeite og hvordan dette ser ut knyttet til soner for arealtilskudd. Det er variasjonen i berggrunn, klima og topografi

---

<sup>6</sup> Jordbruksareal defineres i AR5 som en samlebetegnelse for klassene fulldyrka jord, overflatedyrka jord og innmarksbeite (Ahlstrøm m.fl., 2014)



som ligger til grunn for soneinndelingen. 45 prosent av landarealet i Norge er nyttbart beiteareal. Av dette er 11 prosent svært godt beite, 41 prosent godt beite og 48 prosent mindre godt. Sone 6 Nordland og Troms nord til Kåfjord og sone 1 Lavlandsbygdene rundt Oslofjorden og Hedmarken (se vedlegg) har rundt 20 prosent av arealet i beste klasse. Finnmark har mye fattig berggrunn, og kommer dårlig ut, og det samme gjør sone 5a Fjell- og dalbygder på Østlandet, Agder og deler av Trøndelag, på grunn av høyde over havet. Det er kapasitet for ca. 8 millioner sauer, og for storfe alene er det kapasitet for 1,4 millioner. Studien viser også at det er nok beiteressurser for mer storfe i alle AK-soner, bortsett fra sone 2 Jæren. En stor del av utmarka nært innmarka egner seg veldig godt for storfe, men eiendomsforhold vanskeliggjør det, og det krever derfor økt fokus på organisering. Rekdal m.fl. (2018) har studert utmarksbeite kvalitet og ulike forhold rundt bruk av beite i utmarksareal for 16 beiteområder spredt rundt i landet. Rapporten viser at det er svært ulike vilkår for utmarksbeitende dyr. Et fellestrekk for mange av buskapene som har blitt studert er at de kommer sent ut på beite, noe som gjør at de går glipp av den tiden av beitesesongen som kan gi mest protein. I tillegg vil tidlig beiting gi bedre næringsverdi i beite resten av sesongen. Det er potensial for å øke beitetilgangen med skjøtsel, og da spesielt når det gjelder rydding av skog og kratt. Det kan også være hensiktsmessig å gjøre en større innsats for å styre dyrene mot de mest næringsrike arealene, for eksempel ved gjerding.

Kartgrunnlaget «Arealrekneskap for utmark» (AR18 x 18) ved NIBIO brukes til å beregne nasjonale og regionale tal for arealressurser i utmark. Kartgrunnlaget er basert på at areal er inndelt i vegetasjonstyper. Det er basert på kartlegging av 0,9 km<sup>2</sup> store flater lagt ut med 18 km mellom hver flate. Litt over 1000 flater er kartlagt (1081 flater) innenfor Norges landareal. Kartlegginga på flatene følger system for vegetasjonskartlegging på oversiktsnivå (Strand og Rekdal, 2006).

Ved å kombinere vegetasjonstype og kunnskap om beite kvalitet for den enkelte type, har en også laget en oversikt over beiteressurser på ulike geografiske nivå. <sup>7</sup> I kartlagte områder er denne informasjon brukt til å inndele arealet etter hvor godt beite det er for sau og storfe. Resultater fra kartleggingen er også dokumentert i en rekke rapporter, fylkesvise rapporter og faktaark som viser resultater for ulike deler av landet, se for eksempel Rekdal m.fl. (2021), og Rekdal (2015).

Bayr m.fl. (2020) går gjennom bruk av utmarksbeite som en av indikatorene for måloppnåelse på det landbrukspolitiske målet om «Landbruk over hele landet». Måten de beregner dette er gjennom antall dyr på utmarksbeite, der et minstekrav er 20 dyr

---

<sup>7</sup> For mer informasjon se:

<https://www.nibio.no/tema/landskap/utmarksbeite/arealrekneskap?locationfilter=true>

per delområde. Norge er i studien inndelt i 1221 delområder. Områdene som bruker minst utmark fins i Nord-Norge og på Østlandet i de lavere områdene. De tilskriver dette delvis kanaliseringspolitikken<sup>8</sup>, og delvis mangelen på utmarksressurser i disse områdene. Trøndelag og Vestlandet kommer best ut.

I tillegg til at utmarka nyttes som fôr til beitedyr finnes det også andre bruksområder, som mer og mer står i fare for å skape gnisninger mellom ulike interesser for brukerne av dette kollektive godet. Dette har blitt studert fra ulike innfallsvinkler og innen ulike tematikker i boken «Utmarka i endring» (Flemsæter og Flø, 2021). Hvordan bruken av utmarksressurser kan føre til konflikter mellom eksempelvis vindkraftutbygging, beiting, hyttefelt, gruvedrift og fritidsaktiviteter studeres også i prosjektet «Govout: Norsk utmark i endring»<sup>9</sup>. Her gjøres det studier av utmarksforvaltning, sosial bærekraft og tillit til forvaltningen og hvordan ulike interessekonflikter best kan håndteres.

Oppsummert ser vi at i utmarka er det store tilgjengelige og uutnyttede ressurser. De høyeste estimater nasjonalt er på 950 millioner føreheter. Det er regionale forskjeller på ressurstilgangen, og også på utnyttelsen av ressursene. Nordland og Troms og lavlandsbygdene rundt Oslofjorden har den beste kvaliteten. I tillegg er det noen utfordringer knyttet til bl.a. organisering av beiting og interessekonflikter knyttet til ulike ønsker om bruk av utmarka.

## 2.3 Fôringredienser fra grovfôr

Den tradisjonelle anvendelsen av grovfôr er som fôr til drøvtyggere hvor ulike former for konservering og lagring er vanlig til bruk etter behov utenfor vekstsesong. Fôring direkte fra eng til husdyr er vanlig i sesong, gjerne som supplement til beite.

En annen anvendelse er å skille ute enkelte bestanddeler i graset. Almås m.fl. (2020) skriver at med dagens produksjon på 6,7 millioner tonn (tørrstoff) gras årlig utgjør dette 870.000 tonn råprotein. For at dette skal kunne utnyttes kreves det at graset går gjennom en skruepresse slik at det deles i en fiberrik del og grønn pressvæske. Proteinene skilles ut fra denne væsken, og kan brukes for enmagede dyr. Grasprotein er en av de sju råvarekildene som i arbeidet i SINTEF er pekt på som realistisk bidragsyter for å dekke det fremtidige fôrbehovet i norsk akvakultur, men det vil kreve utvikling og oppskalering (Almås m.fl., 2020).

---

<sup>8</sup> Kanaliseringspolitikken brukes gjerne som betegnelse for den landbrukspolitikken som stimulerer til kornproduksjon i flatbygdene og grasproduksjon i dal- og fjellbygdene. Drøvtyggere som ku, geit og sau følger grasproduksjonen.

<sup>9</sup> For å lese mer om prosjektet, besøk: <https://ruralis.no/prosjekter/norsk-utmark-i-endring-mellom-tradisjonelt-landbruk-moderne-konsum-og-gronn-industrialisering-govout/>

I en studie av potensialet for gras som proteinkilde for produksjon av svinefôr ble det funnet tre store utfordringer knyttet til dette:

- «1) Tunge og lettfordøyelige næringskomponenter i gras må separeres.
- 2) Lettfordøyelige næringskomponenter må stabiliseres, slik at de ikke brytes ned og går tapt.
- 3) Det må produseres et visst kvantum med essensielle aminosyrer per arealenhet.» (Svineportalen, 2018).

I tillegg til aspekter ved prosessering og ernæring er det utfordringer knyttet til verdikjeder, markeder og samfunn. Fog m.fl. (2020) har studert verdikjeden for grasprotein i Danmark. Aktørene i verdikjeden er bekymret for at kostnadene ved å transportere friskt gras med lavt tørrstoffinnhold vil bli for store, ettersom det er mange og dyre prosesser som må til. Det pekes på at det trengs forskning spesielt rettet mot å kartlegge samt utvikle sidestrømmene fra proteinframstillingen. I Danmark er det to fôrprodusenter som har prosjekter i gang der det er mye fokus på å få utnyttet biproduktene fra proteinframstillingen, for eksempel til gjødsel og biogass, men også papir, tekstiler og voks på sikt. Det understrekes at det trengs mye utvikling og en del godkjenninger til, blant annet Novel Food-godkjenning fra EU<sup>10</sup>, før det kan benyttes kommersielt.

Organisasjonene SEGES og Landbruk og fødevarer i Danmark arbeider med å legge til rette for at biomasse til bioraffinering kan bli en ny inntektskilde for bønder. De viser til lærdom fra forsøksprosjekter både i Danmark og andre steder og konkluderer med at det er nødvendig med stabil leveranse av biomasse med god nok kvalitet til bioraffineringsanleggene, at mangel på finansiering av pilot- og demonstrasjonsfasiliteter er en hemsko for videre utvikling, men også at markedet for protein til fôr og mat er veldig stort. De ser på grønn bioraffinering som det mest lovende for dansk landbruk (Future Farming, 2018). Danske undersøkelser viser at for at kvaliteten grasprotein skal bli best mulig bør det ikke gå mer enn 8-12 timer fra høsting til det prosesseres videre. Dette betyr videre at det mest gunstige er flere mindre og desentraliserte bioraffineringsanlegg hvor graset behandles før det kan fraktes videre til noen sentrale og mer avanserte anlegg (Future Farming, 2018).

Johansen og Hjelkrem (2018) gjorde livsløpsanalyser av norsk svineproduksjon med tenkte caser der de sammenlignet miljømessig bærekraft for konvensjonell griseproduksjon med kraftfôr der korn inngår i arealgrunnlaget og gjødsles med husdyrgjødsel, og svineproduksjon der arealgrunnlaget inkluderer gras som brukes i bioraffineringsanlegg for å produsere grasproteinfôr i form av grassaft. Gården med grasproduksjon viste seg å kunne redusere oppvarmingspotensialet, lavere bruk av

---

<sup>10</sup> [https://ec.europa.eu/food/safety/novel\\_food\\_en](https://ec.europa.eu/food/safety/novel_food_en)

fossile råvarer og var mer arealeffektivt. De understreker at en forutsetning er at kvaliteten på grassafta er på høyde med soya e.l.

For å oppsummere produseres det 870.000 tonn råprotein fra 6,7 millioner tonn gras, som vil si at det er store mengder tilgjengelig. Det kreves både videreutvikling og oppskalering av teknologi og infrastruktur for at grasprotein skal kunne bli en realistisk bidragsyter til mer norsk fôrproduksjon. I tillegg er denne ressursen allerede brukt til fôring av flermagede dyr.

## **2.4 Trefiber**

Trefiber kan ha en anvendelse som fôr gjennom at mikroorganismer bryter ned trefiberen og danner næringsstoff som igjen kan bli fôr til laks og husdyr. Spørsmålet er hvor mye tilgjengelig biomasse i form av trefiber vi kan ha.

Det fins flere kartdatabaser som viser hvilke ressurser som fins i den norske skogen. Se mer om dette i kapittel om relevante databaser. AR5 er et kart som viser hvor vi har eller kan ha skogsbruksareal og vekstvilkårene (bonitet) på stedet, mens landsskogstakseringene registrerer langt flere parametere om skogen og vekstmiljøet. AR5 gir en oversikt over skogen i Norge.

Landskogstakseringen er en utvalgsundersøkelse av skogareal i Norge. Den er basert på detaljert informasjon om skogen på utvalgte prøvepunkt (Viken, 2018). Denne informasjonen er brukt til å følge med på utviklingen i skogbruket i Norge og hva slags skog vi har. Skogarealet kan deles inn i ulike klasser etter informasjonen som registreres.

Svensson m.fl. (2021) viser skogsareal innen åtte regioner av Norge for en del ulike typer registreringer og kombinasjoner av disse: Arealtype (produktiv skog, uproduktiv skog, tresatt areal, snaumark og annet), høyde over havet, bonitetsklasser (som indikerer potensiell tilvekst per år på arealet), hogstklasser, bestandsalder, treslag (granskog, furu, edellauvskog og annen løvskog), bestandsform (en-etasje, to-etasje og fler-etasje), bestandsstørrelse, terrenghelling, driftsveilengde (areal innen ulike avstander fra vei) og vegetasjonstyper.

Siden Landsskogstakseringen er en utvalgsundersøkelse sier estimatene først og fremst noe om tilstanden innen et litt større geografisk avgrensa område. Svensson m.fl. (2021) nytter disse åtte regionene: Viken og Oslo, Innlandet, Vestfold og Telemark, Agder, Vestlandet, Trøndelag, Nordland og Troms og Finnmark.

### **Studier av skogressurser**

NIBIO viser i rapporten «Bærekraftig skogbruk i Norge» (Svensson og Dalen, 2021) skogsbruks- og miljødata en sammenstilling av status og utvikling for de norske skogene. Her er det informasjon om bl.a. skogareal, stående volum, aldersstruktur, tilvekst,

avvirkning, treslagfordeling, skogeiendommer m.m. I 2016 var 85 prosent av det produktive skogarealet eid av privatpersoner, og den gjennomsnittlige skogeiendommen var ca. 450 dekar.

*Tabell 2: Arealer av skog og annet tresatt areal i 2018*

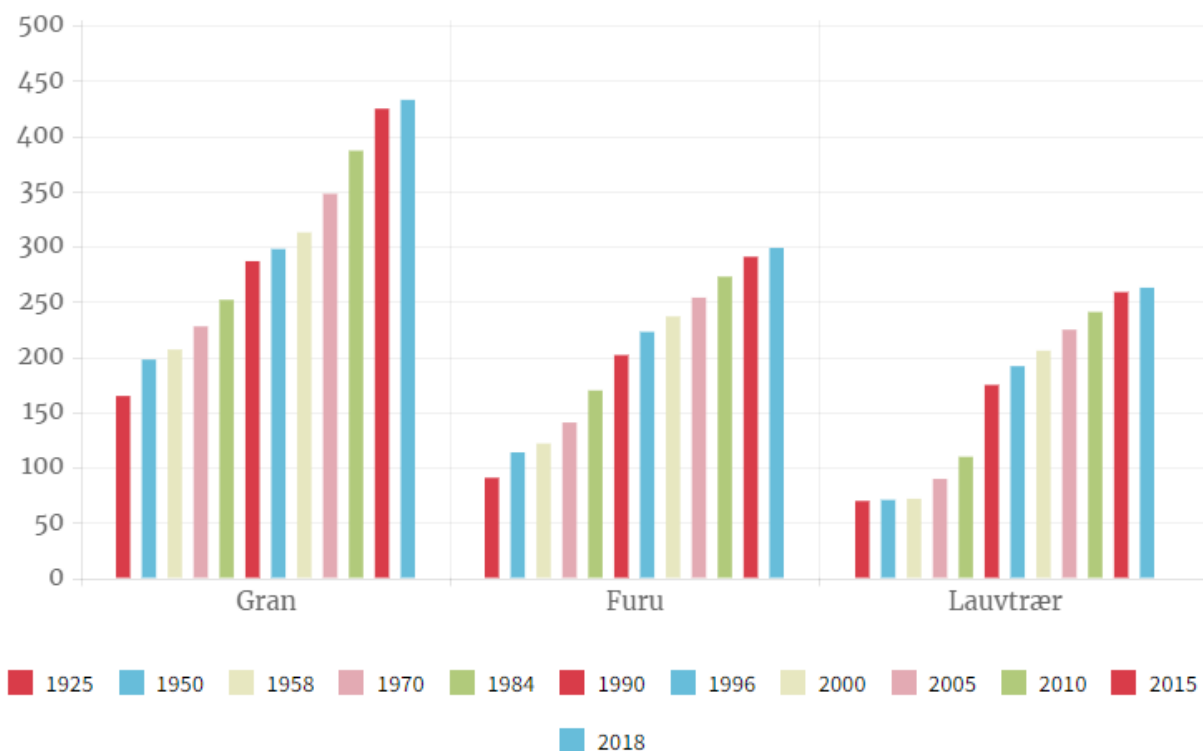
	Produktiv skog - skogbruksmark		Produktiv skog- totalt areal		Totalt skogareal		Annet tresatt areal		Totalt
	1000 hektar	% av landareal	1000 hektar	% av landareal	1000 hektar	% av landareal	1000 hektar	% av landareal	
Viken og Oslo	1 171	46,6	1 213	48,3	1 421	56,6	88	3,5	1 510
Innlandet	2 157	41,5	2 242	43,1	2 664	51,3	232	4,5	2 896
Vestfold og Telemark	690	39,7	712	41,0	952	54,8	88	5,1	1 040
Agder	631	38,2	650	39,3	888	53,7	122	7,4	1 010
Rogaland	175	19,1	178	19,4	256	28,0	46	5,0	302
Vestland	549	16,2	567	16,7	899	26,5	167	4,9	1 066
Møre og Romsdal	307	21,4	312	21,7	421	29,3	96	6,7	517
Trøndelag	1 103	26,2	1 151	27,3	1 677	39,8	380	9,0	2 056
Nordland	666	17,4	707	18,5	1 140	29,7	242	6,3	1 382
Troms/Romsa og Finnmark/Finnmárku	825	11,0	866	11,6	1 805	24,1	620	8,3	2 425

Produktiv skog: «mark som i gjennomsnitt kan produsere minst én kubikkmeter trevirke inkl. bark per hektar og Skogbruksmark: «arealer som ikke er båndlagt til andre formål, men hvor det ikke nødvendigvis er lønnsomt og aktuelt å drive virkesproduksjon.»

Totalt skogareal: «Omfatter både produktiv og uproduktiv skog»

Annet tresatt areal: «utmarksarealer som har en viss grad av busk- eller trevegetasjon, men som ikke kan defineres som skog.»

Kilde: (Svensson og Dalen, 2021)



Figur 2: Stående volum uten bark i Norge, mill. kubikkmeter

Kilde: (Svensson og Dalen, 2021)

Gjærproduksjon fra trefiber kan bli en høyverdig proteinkilde for oppdrettsnæringen. I en studie av Solberg m.fl. (2021) analyserer de hvordan kommersiell bruk av bartreflis fra rundtre og sagbruk til laksefôrproduksjon kan påvirke trefiberprisene. De finner at produksjon av mikrobielle ingredienser fra tre har potensialet for kommersialisering, men prisene per i dag er for høye og det trengs effektivisering for å gjøre det økonomisk levedyktig. Prosjektet «Foods of Norway» gjennomførte i 2021 en suksessfull industriell oppskalering av 1,6 tonn gjær produsert på sukker fra norsk gran. Dette skal videre testes som fôr til svin og laks (NMBU, 2021a). Øverland og Skrede (2017) viser i sin gjennomgang at gjærproduksjon basert på trefiber kan bli attraktive proteinkilder til fôr i akvakulturproduksjon. De hevder at gjærproduksjon basert på biomasse fra lignocellulose minker presset på klima og arealer. Samtidig viser de til at kostnadene fortsatt er relativt høye og at det trengs utvikling av prosesseringen for at det skal bli økonomisk bærekraftig, men at ny teknologi og utnyttning av sidestrømmene kan redusere kostnadene.

I en gjennomgang av gjærproduksjon av biomasse med lignocellulose, som en proteinrik ingrediens i akvafôr skriver Agboola m.fl. (2020) at råproteininnholdet i gjær (40-55 prosent) er litt lavere enn fiskemel, men sammenlignbart med soyamel. Proteininnholdet er avhengig av fermenteringsmediet som blir brukt og fermenteringsprosessen. I småskala gjærproduksjon i Foods of Norway er det ofte 50-55 prosent protein. En bærekraftig produksjon av gjær er teknisk gjennomførbart, men

for at det skal bli konkurransedyktig med fiskemel og soyaproteiner trengs det investering i storskala produksjon. I tillegg er det en del gjærarter som under gjeldende reglement er forbudt, og det trengs derfor gjennomgang av den eksisterende lovgivningen for at mer gjær kan bli brukt i fôr (og mat).

Almås m.fl. (2020) beskriver at det er 25 millioner m<sup>3</sup> årlig tilvekst i norsk skog og at ca. 10 millioner m<sup>3</sup> av dette utnyttes til papir og trelast. Restmateriale fra denne utnyttningen utgjør ca. 1,8 millioner tonn tørrstoff (se tabell 5). Cellulose og hemicellulose i trevirke kan gjennom hydrolyse bli omformet til glukose som kan fermenteres sammen med mikroorganismer, men for å få til det må ligninet (andel 23-27 prosent) i trevirke fjernes. Hydrolyse til sukker fra trevirke er mer utfordrende enn en del andre vekster som stivelse og sukker (Øverland og Skrede, 2017). I Foods of Norway jobbes det med billigere sukkerstrømmer og ikke-sukkerstrømmer fra trevirke som alternativt substrat til produksjon av filamentær fungi. Denne har et proteininnhold på ca. 65 prosent og en proteinfordøyelighet på opp mot 90 prosent. Potensielt kan det være aktuelt å bruke barnåler og løv til proteinproduksjon på samme måte som det gjøres med gras (se kapittel Fôringredienser fra grovfôr), men det fins ikke noen oversikt over hvor mye protein det kan være snakk om (Almås m.fl., 2020).

Oppsummert vil det si at Norge har 85.820 kvadratkilometer med produktiv skog, og 10 millioner kubikkmeter av produksjonen fra disse arealene utnyttes til papir og trelast. 1,8 millioner tørrstoff blir tilgjengelig som restmateriale fra denne industrien, og kan videre utnyttes i proteinproduksjonen. Per nå er ikke produksjonen av protein av trefiber gjennom gjærproduksjon økonomisk lønnsomt.

## 2.5 Fôr fra korn

Det produseres i dag ca. 110.000 tonn planteprotein i Norge, og det er for det meste fra kornvekster. Det kan være mulig å øke dette ved å legge om noen av arealene til å heller dyrke rybs, raps, erter og åkerbønner, og den totale mengden norsk planteproteinproduksjon kan da øke til 122.000 tonn (Almås m.fl., 2020). Seehusen og Uhlen (2019) bruker metodologien *Yield gap* (avlingsgap) for å beskrive differansen mellom teoretisk avlingspotensial og faktisk høstet avling. Resultatene fra studien viser at avlingsgapet i Norge er større enn det europeiske gjennomsnittet og de fleste andre land i Norden. Selv om det er rom for forbedringer selv ved små endringer vil det kreve investeringer i forskning og endringer i økonomiske og regulatoriske rammebetingelser. Økt avling vil trolig måtte komme gjennom mer effektiv og presis bruk av innsatsmidler og bedre utnyttelse av gjødsel og plantevern.

Abrahamsen m.fl. (2019) har sett på mulighetene for mer dyrking av planteproteiner på norske kornarealer. De finner at det er mulig å dyrke åkerbønne på 113.000 dekar og erter på 160.000 dekar, og det vil gi 20.000 tonn protein fra olje- og belgvekster hvert år og øke andelen protein fra disse kildene. Se tabellene nedenfor.

Tabell 3: Arealer av korn, olje- og belgvekster i gjennomsnitt for årene 2016-2018. Arealene er avrundet til nærmeste 100 dekar.

	Kornareal	Bygg	Havre	Vårhvete	Høsthvete	Høstrug	Oljevekst	Erter og åkerbønner*
Østfold/Vestfold	833 900	215 500	204 700	250 600	94 600	23 800	17 300	27400
Akershus/Buskerud/Telemark	845 600	287 700	299 300	154 200	62 100	21 200	12 100	9 000
Hedmark/Oppland	703 700	447 600	146 800	87 100	10 400	8 500	2 400	900
Rogaland/Agder	35 400	26 800	7 500	800	200	100	-	-
Trøndelag/Møre og Romsdal	476 300	418 400	47 400	4 900	4 400	200	500	500
<b>Totalt</b>	<b>2 894 900</b>	<b>1 396 000</b>	<b>705 700</b>	<b>497 600</b>	<b>171 700</b>	<b>53 800</b>	<b>32 300</b>	<b>37 800</b>

\* inkl. 6000 daa konservesert hovedsakelig i Vestfold

Kilde: (Abrahamsen m.fl., 2019, s. 161)

Tabell 4: Potensielt areal av oljevekster, erter og åkerbønne ved et totalareal på ca. 2,9 mill. dekar. Det øvrige kornarealet er fordelt mellom kornartene

	Bygg	Havre	Vårhvete	Høsthvete	Høstrug	Oljevekst	Erter *	Åkerbønner
Østfold/Vestfold	123 000	125 100	208 500	150 100	18 800	104 200	23 300	80 900
Akershus/Busk./Telem.	219 900	224 100	118 400	97 200	16 900	84 600	59 200	25 400
Hedmark/Oppland	337 800	105 600	105 600	28 100	7 000	59 800	52 800	7 000
Rogaland/Agder	25 100	7 100	700	400	-	1 000	1 000	-
Tr.lag/Møre og Romsd.	366 800	47 600	9 500	4 800	-	23 800	23 800	-
<b>Sum areal</b>	<b>1 072 500</b>	<b>509 400</b>	<b>442 600</b>	<b>280 600</b>	<b>42 700</b>	<b>273 500</b>	<b>160 200</b>	<b>113 300</b>
<b>Areal i % av dagens (2016-2018) areal</b>	<b>79</b>	<b>72</b>	<b>89</b>	<b>163</b>	<b>79</b>	<b>847</b>	<b>724</b>	

\* inkl. 6000 daa konservesert hovedsakelig i Vestfold

Kilde: (Abrahamsen m.fl., 2019, s. 163)

En ekspertgruppe på proteinavliger i EU så på økt produksjon av soya sammen med hestebønner, erter, lupiner og lusern som viktige og mest lovende strategier for økt proteinproduksjon i Europa i tiden fremover. De konkluderte med at økonomien i produksjon av stivelse og oljebaserte proteiner må bli bedre for å gjøre det konkurransedyktig for europeiske bønder. Ekspertgruppen pekte også på potensialet for mer bærekraftige landbrukssystemer ved å introdusere mer proteinavliger i rotasjonen, som også kan bidra til bedre jordkvalitet, nitrogenhåndtering og lavere klimagassutslipp. De konkluderte med at det var et stykke igjen før proteinavliger ble konkurransedyktige, og for å bli det måtte det stimuleres til innovasjon, både når det gjelder tekniske løsninger og avlingsnivå (EIP-AGRI, 2014).

Kombinasjonen åkerbønner og raps viste i en studie gjennomført av Grabez m.fl. (2020) å fungere godt som substitutt for soyamel i svinefôr. Grisene vokste like fort og spiste like mye, men det ga større variasjon i kjøttets tekstur.



En alternativ måte å øke mengden produsert fôr på i Norge er å øke kornavlingene eller å dyrke korn til kraftfôr på arealer der det nå produseres gras. Dette vil i så fall gå på bekostning av grovfôrproduksjon. De siste 15 årene har en del områder som tidligere ble brukt til kornproduksjon blitt lagt om til å produsere gras (Tuftte og Een Thuen, 2019). Kornarealet har gått gradvis ned fra starten av 1990-tallet. Økonomiske og politiske rammebetingelser har mye å si for hva som produseres hvor i Norge (Melås, 2019). Andre måter å øke kornproduksjonen på er gjennom videre sortsutvikling og benytte mer yterike sorter, og gjennom rådgivning om bedre agronomi (Intern Arbeidsgruppe Bondelaget, 2020).

Det produseres årlig 500.000-700.000 tonn halm som blir igjen etter at kornet er tresket, og av dette blir 100.000 tonn brukt til fôr. Halm kan prosesseres på samme måte som trevirke slik at det kan utnyttes til å produsere omega 3-fettsyrer og protein gjennom å brytes ned til fermenterbart sukker ved å bruke mikroorganismer. Halm er lettere å prosessere enn trevirke, men det kan utnyttes en mindre andel av sukkeret (Almås m.fl., 2020).

*Tabell 5: Teoretisk tilgjengelig sukker fra norsk, lignocellulose-basert biomasse og et konservativt anslag for hvor mye encelleprotein dette kan gi grunnlag for å produsere.*

Råvare	Årlig tilvekst [1000 m <sup>3</sup> ]	Tilgjengelig*		Sukker [1000 tonn]	Teoretisk utbytte av protein [1000 tonn]
		[1000 m <sup>3</sup> ]	[1000 tonn ts]		
Skog	25 000	15 000	6 000	4 000	800-900
Skog restråstoff (GROT)	4 600	4 600	1 800	1 300	230
Halm	-	-	500	350	70
Sum	-	-	8 300	5 530	1 106

\* Ikke utnyttet for andre formål

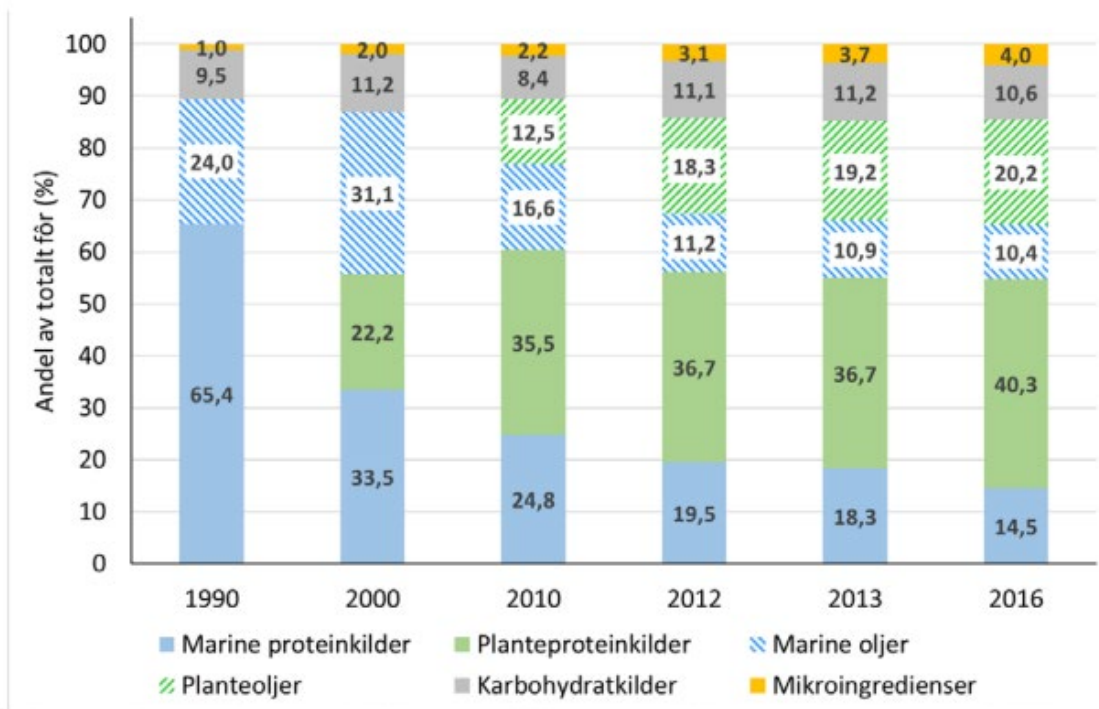
Tabell er hentet fra: Almås m.fl. (2020, s. 50).

Ut fra dette kan vi oppsummere at årlig produksjon av korn er 110.000 tonn plante proteiner, og at bedre bruk av plantevern og andre innsatsmidler kan øke dette. Det er også mulig å dyrke mer proteinvekster som åkerbønner på en del av kornarealene, noe som kan gi 20.000 mer protein årlig. Halm, som restmateriale, kan prosesseres på samme måte som trevirke, men det er ikke snakk om like store mengder tilgjengelige ressurser.

## 2.6 Fisk

Fôringredienser fra pelagisk fisk kan ifølge Almås m.fl. (2020) ikke forventes å øke i volum. Fangsten av pelagisk fisk av norske fartøy var i 2018 i underkant av 1,4 mill. tonn, og mellom 50-65 prosent av dette blir brukt til fiskefôr. Pelagisk fisk har tradisjonelt vært en viktig kilde til protein og EPA og DHA (Omega 3), men innholdet av fiskemel og -olje i fôr til akvakultur har sunket. Som vi kan se av figuren nedenfor

utgjorde marine proteiner og marine oljer hhv. 14,5 og 10,4 prosent av laksefôret i 2016.



Figur 3: Sammensetningen av laksefôr 1990-2016

Kilde: (Almås m.fl., 2020, s. 12)

Mesopelagisk fisk er arter som lever på dybdene mellom 200-1000 meter. Bestanden mesopelagisk fisk regnes som betydelig større enn andre fiskerier, men det er stor usikkerhet knyttet til estimatene og det er få eksempler på kommersiell utnyttelse. Almås et. al (2020) mener mesopelagisk fisk i fremtiden kan bli en viktig ingrediens, men at det krever utvikling og oppskalering. Noen av utfordringene ligger i forvaltning, deteksjon, høstemetoder, fangsthåndtering og bearbeiding av det som fiskes. Mesopelagisk fisk anses som den enkeltfaktoren som er mest kritisk for å fremskaffe nok fôr til lakseoppdrett fra norske råvarer i tiden fremover. Det er anslått at denne råvaren kan bidra med opptil 75 prosent av proteinbehovet og 89 prosent av behovet for EPA/DHA, men dette krever betydelige fangstmengder. Det mangler ifølge FAO (2020) en forståelse av mesopelagiske fiskearters betydning for det enorme økosystemet de er en del av, for eksempel rollen de har i å transportere karbon fra havoverflaten til havdypet.

Standal og Grimaldo (2020) har undersøkt utviklingen av potensialet til mesopelagisk fiske i norske farvann. De mener at det er nødvendig med politiske virkemidler for å stimulere til mer testfiske slik at det kan utvikle seg til å bli kommersielt. Det er et stort potensial, men det er en del institusjonelle og praktiske begrensninger på hvor rask og

omfattende utviklingen vil bli, slik som kapasitet på fiskefartøy og utformingen på lisensene. Pareto Securities mener fangst av mesopelagisk fisk potensielt kan gi høy avkastning, men at det er behov for store investeringer og at det er risikofyllt (Klokeide, 2017).

Det fiskes 1,4 millioner tonn pelagisk fisk av norske fartøy, og dette er ikke å forventet å øke. Mesopelagisk fisk har derimot et større potensial og kan dekke opptil 75 prosent av proteinbehovet og 89 prosent av omega 3-behovet i laksenæringen. Her er det imidlertid noen usikkerheter når det kommer til høstemetoder, fangsthåndtering og bearbeiding, i tillegg til forvaltning og ivaretagelse av økosystemet disse artene er en del av.

## **2.7 Plankton**

### **Zooplankton**

Zooplankton regnes som en potensiell kilde til protein og omega 3-fettsyrer i laksefôr. Dette er heterotrofe organismer som lever på mikroalger, bakterier mm. Det er estimert at det produseres 200-300 millioner tonn raudåte årlig bare i Norskehavet –, og at stående biomasse er ca. 33 millioner tonn. For nordlig krill er årlig produksjon estimert til ca. 300 millioner tonn i Norskehavet og Barentshavet. Hovedutfordringer med utnyttelse er teknologi for å kartlegge hvor det er høye nok konsentrasjoner, - og energi – og kostnadseffektive metoder for fangst. Høsting av de to artene, som er kort beskrevet nedenfor, er krevende, og det trengs forskning for å finne de gode mulighetene for utstrakt bruk av denne ressursen blant fremtidens fôr (Almås m.fl., 2020).

### **Raudåte**

Det ble i 2019 åpnet for fiske av inntil 254.000 tonn raudåte årlig. 246.000 tonn av denne kvoten kan ikke fiskes kystnært, men må hentes utenfor 1000 m dybdekonten, og for at raudåte skal bli et vesentlig bidrag til fiskefôret må det utvikles fiskemetoder som er mer energi- og kostnadseffektive enn i dag. Mengden som høstes i dag er lav (352 tonn i 2019). Hovedproduktet er marin olje til helsekost, mens sidestrømmene (hydrolysat, mel) går til fôranvendelser. Fettet i raudåte består i stor grad av voksrester. Forsøk med laks viser at raudåteolje kan erstatte 30 prosent av lipidene i laksefôret uten at det gir negative effekter. Potensialet for mer bærekraftig fangst er der, men som nevnt krever det utvikling av både kunnskap, forvaltning og teknologi (Almås m.fl., 2020).

### **Nordlig krill**

Nordlig krill, som omfatter flere arter, er også en mulig kilde til protein og omega 3-fettsyrer, men det er ikke lovlig med kommersiell fangst av krill i norske farvann i dag.

Det er lite erfaringer med bruk av nordlig krill i laksefôr, men fôrindustrien bruker allerede ingredienser (som mel, hydrolysat) fra antarktisk krill (*Euphausia superba*). Krill-ingredienser kan fungere som stimulator til opptak av fôr, samtidig som de inneholder fargestoffet astaxantine, og omega-3 rike fosfolipider. For å få 100.000 tonn protein må det fanges 888.000 tonn krill. Kommersiell fangst og prosessering av krill til bruk i laksefôr er mer nærliggende enn for raudåte, men er som sagt ulovlig i norske farvann (Almås m.fl., 2020).

Det er altså store mengder plankton som potensielt kunne blitt en fôrråvare, men tilgjengeligheten er begrenset på grunn av offentlig regelverk og mangel på kostnadseffektive og energieffektive fiskemetoder.

## 2.8 Makroalger (tang og tare)<sup>11</sup>

Makroalger utgjør en sammensatt gruppe organismer som er å finne i sjø eller brakkevann. De kan deles inn i tre undergrupper; rødalger, grønalger og brunalger og utgjør til sammen en av verdens største oppdrettsart med en global årlig produksjon på godt over 30 mill tonn våtvekt (Cai m.fl., 2021). Til sammenligning ble det i Norge dyrket rundt 400 tonn våtvekt i 2021 (Fiskeridirektoratet (u.d. a), men dette er ennå en ung næring som er i rask vekst.

Norskekysten har den største forekomsten av naturlig tareskog i Europa med en samlet årlig produksjon av tang, tare og ålegras på mer enn 80 millioner tonn våtvekt (Almås m.fl., 2020). Stortare utgjør ca. 80 prosent av denne biomassen. Utnyttelse av makroalger til industrielle formål startet tidlig i Norge og utvinning av alginat fra tare ble en ny og lønnsom industri på begynnelsen av 1950-tallet. Den norske alginatproduksjonen er av svært høy kvalitet og utgjør 25 prosent av verdens produksjon. Forvaltningen av taretrålingen skjer fylkesvis etter innrapportert høsting til fiskeridirektoratet og fylkesmannen. Bruk av viltvoksende tang og tare til fiskefôr er teknisk utfordrende og kostbart. Det kreves store mengder, og det er ikke ønskelig å øke høstingen. En utnyttelse av makroalger til fiskefôr vil kreve at det benyttes dyrking, og det forutsetter økt forskning på oppskalering og automatisering av hele verdikjeden, samt en lønnsom løsning på prosessering og ekstrahering av proteiner (Almås m.fl., 2020). Bruk av brunalger, og da særlig sukkertare som er den arten det dyrkes mest av i Europa, i fôr til fisk har så langt vært lite utforsket og lite informasjon er tilgjengelig om effekter på fiskens metabolisme, velferd og filetsammensetning. Tare kan potensielt være en kilde til protein i fôr til laks. Dette betinger imidlertid en kostnadseffektiv prosess for å framstille et proteinprodukt fra tare. Makroalger inneholder 75-90 prosent vann, noe som gjør dette til et utfordrende råstoff ved

---

<sup>11</sup> Noe av teksten i kapittel 2.8 er hentet direkte fra Almås m.fl. (2020) og er vurdert av medvirkende forfattere i Almås m.fl.

innhøsting og prosessering. Det gjenværende tørrstoffet inneholder karbohydrater og proteiner samt små mengder lipider, vitaminer og mineraler i en varierende sammensetning (Soler-Vila m.fl., 2009).

Øverland m.fl. (2019) har gjort en litteraturgjennomgang av marine makroalger som proteinkilde og bioaktiv ingrediens til fôr for enmagede dyr. Makroalger får økt global oppmerksomhet som en potensiell bærekraftig fôringrediens. På den måten kan de indirekte bli en del av den humane matkjeden. Studier viser at proteinkonsentrasjonen i makroalgeprodukter kan økes ved bedre ekstraksjonsmetoder og indikerer at makroalger kan brukes i bærekraftig kraftfôrproduksjon for å forbedre dyrehelsen.

Koesling m.fl. (2021) har undersøkt de miljømessige konsekvensene av produksjon av protein gjennom dyrking av tare. De fant at uttak av protein fra tare har et globalt oppvarmingspotensial (GWP) som er fire ganger større enn soyaproteinproduksjon i Brasil. Scenariostudier avdekket imidlertid muligheter for forbedring av proteinproduksjonen gjennom bruk av fornybare energikilder for tørking og med en økning i proteininnhold og i tørrstoffet. Hua m.fl. (2019) viser til at andelen råprotein i tørrvekt for makroalger kan variere veldig, fra mindre enn 1 prosent til 48 prosent, men at det vanligvis er mellom 10-30 prosent. Det anses likevel som en høykvalitetskilde til protein, og fungerer godt når tilsatt som en liten andel av fôret. De mener makroalger til fiskefôr har større nytte som en fôringrediens som kan virke helse- og velferdsfremmende, enn som en storskala proteinkilde. Emblemsvåg m.fl. (2020) finner i sin studie at produksjon av protein fra makroalger innebærer for store kostnader for å kunne konkurrere som en fiskefôringrediens, men at det gjennom større volum og gjennom å finne ekstraksjonsmetoder som muliggjør uttak av høyverdi-ingredienser i tillegg, kan bli lønnsomt.

Ut fra dette kan vi si at makroalger til fôr kan utgjøre en viktig fôringrediens, men at det per i dag ikke er sannsynlig at det vil kunne bli brukt som storskala proteinkilde. Dersom proteinkonsentrat fra tare skal bli etterspurt, må det være konkurransedyktig med hensyn på både kvalitet og pris. Muligheter for å lage flere produkter av taren, noen av dem med høy pris, er foreslått som løsning på denne utfordringen. Dersom bærekraft i form av lavere klimaavtrykk kan betales for, vil en noe høyere produksjonskostnad kunne kompenseres (Almås m.fl., 2020).

## **2.9 Lavtrofiske organismer<sup>12</sup>**

Lavtrofiske organismer kan være kilde til både protein og omega-3 fettsyrer i fôr til laks. Lavtrofiske organismer står langt nede i den marine næringskjeden. Helt nederst

---

<sup>12</sup> Teksten i kapittel 2.9 er hentet direkte fra Almås m.fl. (2020), og er vurdert av medvirkende forfattere i Almås m.fl.

står mikro- og makroalger som driver fotosyntese og er grunnlaget for nesten all annen oppbygging av biomasse i havet. Over disse står en del organismer som lever av å spise algene, som børstemark, gammaridaer (tanglopper, m.m.), tunikater (sekkedyr) og muslinger/skjell som i dag dyrkes eller kan dyrkes som mat til mennesker, fiskeagn eller som fôr til oppdrettsfisk.

### **Børstemark**

Det er identifisert mer enn 700 arter flerbørstemark i norske farvann, hvorav de fleste er bunnlevende (Nygren, & Pleijel, 2015). Størrelsen kan variere fra noen få millimeter opp til flere meter i lengde. De fleste børstemark arter lever av å spise partikulært organisk materiale (detritus). For å etablere akvakultur av børstemark i Norge bør det brukes stedege arter for ikke å risikere å introdusere fremmede arter i norsk natur. Kommersiell børstemarkproduksjon kan være en bidragsyter til å løfte frem nye fôrråstoff for oppdrettsfisk.

Å ha god nok kjennskap til biologien til å kunne lukke livssyklusen er en forutsetning for å produsere børstemark. Foreløpig gjelder dette kun for et fåtall arter (Pombo m.fl. 2020; Olive m.fl., 2007). Børstemark-larver har ofte andre miljø- og fôrkrav enn de voksne individene frem til de er ferdig med metamorfosen. Et produksjonsanlegg må derfor bestå både av et klekkeri og et påvekstanlegg.

Flere studier har vist at flerbørstemark kan produseres i integrerte systemer koblet sammen med annen bioproduksjon, hvor avfallsstoffer fra fisk eller skalldyr benyttes som vekstsubstrat til børstemarken (Palmer, 2010; Brown m.fl., 2011). Denne produksjonsmetoden bidrar til å øke fôrutnyttelsen i oppdrett, hvor det med lakseoppdrett som eksempel er estimert at 62-70 prosent av karbonet, 57-62 prosent av nitrogenet og 70-76 prosent av fosforet som finnes i fôret, slippes ut til miljøet (Wang m.fl., 2012; Wang m.fl., 2013). Børstemarken kan gjenvinne knappe næringsstoffer som proteiner og fettsyrer fra de partikulære avfallsstrømmene fra anlegget (Wang m.fl., 2019a; Wang m.fl., 2019b). Foreløpig setter EU-regelverk (TSE-regelverket, animaliebiproduktforskriften) en stopper for å produsere fôrråstoff på denne måten, men dette kan på sikt endres etter hvert som det fremskaffes ny kunnskap om de reelle faremomentene råstoff produsert på denne måten, medfører som fôringrediens. Regelverket tillater produksjon av fototrofe planter og mikroalger på løste uorganiske næringsstoffer i avfallsvannet, og disse kan sekundært brukes som fôr til børstemark. På denne måten kan man produsere børstemark indirekte på avfallstrømmer fra akvakultur, og slik bidra til sirkulær økonomi og god bioøkonomi uten å komme i konflikt med EU-regelverket.

Børstemark har et høyt proteininnhold med en riktig aminosyreprofil med hensyn til essensielle aminosyrer for marin fisk, og er rik på lipider og langkjedede flerumettede omega-3 fettsyrer (Almås m.fl., 2020). I tillegg inneholder børstemark hormonaktive

stoffer som bidrar til kjønnsmodning hos reker og samtidig øker levedyktighet og kvalitet hos rekeyngelen. Storskala børstemarkproduksjon foregår i utendørs systemer, ofte enkle jorddammer eller betongrenner fylt med sand. Høsting skjer med enkle redskaper (spader, greip) for å snu sedimentet hvorpå børstemarken håndplukkes.

For å lykkes med å etablere akvakultur på nye arter av børstemark anses det som nødvendig at det etableres et godt samarbeid mellom akademia og akvakultursektoren for å utvikle nødvendig kunnskap.

Et grovt estimat er at dagens globale produksjon av dyrkede børstemark er mellom 100 og 1000 tonn våtvekt per år, tilsvarende 20-200 tonn tørrvekt. Prisen på protein er ved dagens produksjon ca 1500-2000 kr/kg protein. Nisjeprodukter hvor man utnytter andre egenskaper enn næringsinnholdet av protein og lipid kan være aktuelt, men storskala dyrking av børstemark som protein- og lipidkilde til bulkfôr for laks synes lite aktuelt.

### **Gammaridaer (tanglopper, marflo, m.m.)**

Gammaridaer kan være kilde til både protein og omega-3 fettsyrer, samt kilde til fargestoffet astaxanthin. Gammaridaer er en undergruppe av marine amfipoder, dvs små krepsdyr (vanligvis 5-25 mm) med flere tusen arter på verdensbasis. I Norge er det identifisert 13 arter av Gammaridae (i tillegg til 4 andre i nærliggende farvann) (Vader og Tandberg, 2019). Ved SINTEF Ocean er det gjennomført omfattende studier i laboratoriet der vekst og kjemisk sammensetning er blitt dokumentert.

De miljøparameterne som spesielt påvirker disse organismene er temperatur, lys og vannkvalitet (sensitive for ammonium og variasjon i pH). Begge artene spiser organisk materiale både fra plante- og dyreriket og vil trolig ha betydelig potensial for å utnytte restråstoff både fra landbruket, papirindustrien og fiskeoppdrett. Organismene viser høy veksthastighet og reproduksjonsrate når dyrkningsbetingelsene optimaliseres.

Analyser av gammaridaer fra naturlige populasjoner, og dyrket på tang/tare i kombinasjon med rekeskall, har vist at de har et høyt proteininnhold (48-53prosent). Lipidfraksjon utgjør 6,5 - 14 prosent av tørrvekten, og inneholder både omega-3 og omega-6 fettsyrer. Organismene har et høyt innhold av karotenoider hvorav astaxanthin utgjør 80 - 85 prosent. I tillegg inneholder Gammaridaene vitamin E (300-550 ppm), karbohydrater (ca. 8 prosent av tørrvekt), i hovedsak chitin og beta-glucaner, samt mineraler, herunder kalsium (12 prosent av tørrvekt) og fluorider (i ppm kvanta) (Evjemo, 2007; 2011).

Den kjemiske sammensetningen og de biologiske egenskapene til disse organismene gjør dem attraktive for kommersiell utnyttelse; herunder fôr eller fôrtilsetning for fisk og fiskelarver, humant konsum, helsekost og smakstilsetninger.

I regelverket blir Gammaridaene definert som produksjonsdyr og må følge de samme lover og regler som annet oppdrett. TSE-regelverket<sup>13</sup> sier at det generelt ikke er lov å benytte proteiner av *animalsk* opprinnelse (inkludert husholdningsavfall og avføring) som fôr til produksjonsdyr, men restråstoff fra vegetabiliske kilder kan benyttes. Gammaridaer kultivert ifølge regelverket for matproduserende dyr blir definert som *fiskemel*, og kan benyttes i fôr til fisk, fjørfe og svin.

Det er ikke utviklet en fullstendig prosess som muliggjør dyrking av Gammaridaer i industriell skala. Dyrkningsteknologien i dag er på TRL-nivå 5. Det vil si at det er utført laboratorieskala testing under relevante dyrkningsbetingelser for å dokumentere biologiske produksjonsparametere, og viktige tekniske løsninger for hvordan et pilotanlegg for *Gammaridaer* kan konstrueres er klarlagt.

I dyrkningsforsøk med Gammaridaer er det brukt ulike arter tang, stortare, fingertare og sukkertare. Dyrene vokser bra på alle disse substratene. I noen vekstforsøk ble det i tillegg brukt rekeskall (restprodukt fra rekeindustrien), noe som bidro til å øke innholdet av karotenoider og lipid i dyrene (Evjemo, 2011).

I det pågående prosjektet BIOCYCLES, og EU-prosjektet SIDESTREAM som begge ledes av SINTEF Ocean, er slam fra havbruk og treforedlingsindustri, biogas digestat og ulike restråstoff fra landbruk brukt som fôr til Gammaridaene. Forsøkene viser at Gammaridaer aksepterer en rekke av disse restråstoffene, men også at betingelser for optimal kultivering varierer for ulike arter av Gammaridae. Reproduksjon og antall avkom som hvert hunddyr produserer har stor betydning dersom dette skal foregå i industriell skala og det er derfor viktig at biologiske nøkkelfaktorer er klart definert.

En ser for seg en rekke muligheter for videreforedling av biomassen for å øke verdiskapningen. Utfordringen ved dyrking av gammaridaer for produksjon av protein, marine lipider og astaxanthin er å oppnå et produksjonsvolum som monner, dvs. 10-100 tusen tonn våtvekt eller mer per år, og til en kostnad som gjør at protein og EPA/DHA fra denne kilden kan konkurrere med de samme råstoff fra andre kilder. Per i dag mangler anslag for dette.

### **Tunikater (sekkedyr)**

Sjøpunger eller sekkedyr er en klasse av kappedyr som lever det voksne livstadiet som fastsittende filterspisere, men har et fritt larvestadium. Flere arter, og spesielt *Ciona intestinalis* – grønnsekkedyr, og *Clavelina lepadiformis* – langhalssekkedyr, er vanlige som begroing på tauverk og andre sjøinstallasjoner i norske farvann. Strukturmessig er det voksne individet bygget opp av en kappe bestående i hovedsak av cellulose og et indre

---

<sup>13</sup> TSE-regelverket setter begrensninger for bruk av proteiner og mineraler av animalisk opprinnelse i fôr.



vev rikt på proteiner og fett. Et voksent individ av *C. intestinalis* kan bli opptil 15 cm langt og gjerne 2-3 cm i diameter. Sekkedyr vokser gjerne i større eller mindre kolonier.

*C. intestinalis* kan dyrkes på sjøinstallasjoner til en konsentrasjon på 2500-10000 individer (200-450 kg våtvekt) per m<sup>2</sup> sjøoverflate (Laupsa, 2015). Biokjemisk sammensetning av *C. intestinalis* er gitt i tabellen nedenfor.

Tabell 6: Sammensetningen av *C. intestinalis*

Komponent	Innhold	Referanse
Vann	ca. 95 % av våtvekt	[Laupsa, 2015]
Aske	40-60 % av tørrvekt	[Troedsson, 2018; 2013]
Protein	50 % av askefritt tørrstoff	[Troedsson 2018]
Karbohydrater	16 % av askefritt tørrstoff	[Troedsson 2018]
Lipid	6-14 % av askefritt tørrst.	[Troedsson 2018; 2013]
EPA	24-25 % av fettsyrene	[Troedsson 2018; 2013]
DHA	3-11 % av fettsyrene	[Troedsson 2018; 2013]

Basert på tallene i tabellen vil et utbytte på 250 kg våtvekt per m<sup>2</sup> og år tilsvare 3-4 kg protein per m<sup>2</sup> og år. Dette innebærer i teorien at 100 tusen tonn protein kan produseres på et sjøareal på 25-33 km<sup>2</sup>. Under den påfølgende prosesseringen vil imidlertid protein og lipid gå tapt (Troedsson m.fl., 2013). For videre utnyttelse er det nødvendig å finne mer bærekraftige og effektive måter å utvinne protein fra tunikater. Det pågår flere FoU prosjekter sammen med industrien for å optimalisere videre prosesseringen. Prosessen som er anvendt av Troedsson m.fl. (2013) er basert på en patentsøknad for konseptet dyrking og utnyttelse av sekkedyr som fôr. Det avgjørende punktet er om protein fra *C. intestinalis* ved storskala produksjon kan produseres for en pris som er konkurransedyktig med protein fra mer tradisjonelle kilder. Det høye innholdet av EPA + DHA i "sekkedyr-mel" gjør at fiskemel er det mest realistiske sammenligningsgrunnlaget (Almås m.fl., 2020).

### Hetero- og kjemoautotrofe mikroorganismer – encelleprotein og encelle-olje

Dyrkede hetero- og kjemoautotrofe (ikke-fototrofe) mikroorganismer (bakterier, gjær, sopp, m.m.) kan være en kilde til protein i fôr til laks, men kun thraustochytrider er per i dag en realistisk kilde til omega-3 fettsyrer i fôr.

Dagens teknologiske nivå for produksjon av hetero- og kjemoautotrofe mikroorganismer avhenger både av produkt og prosess. Produksjon av bakterier, sopp

og andre mikroorganismer heterotroft med sukker som karbon- og energikilde er godt etablert teknologi og basis for en lang rekke industrielle prosesser. Heterotrof produksjon basert på en del andre substrat som metanol og metan har foregått eller skjer fortsatt i industriell skala, men har fortsatt tekniske utfordringer. Autotrof produksjon av bakterier med CO<sub>2</sub> som karbonkilde og energikilder som hydrogen (H<sub>2</sub>) eller hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S) krever fortsatt betydelig FoU for å kunne realiseres i industriell skala. Likeledes er produksjon av encelleprotein, som i praksis er produksjon av mikrobiell biomasse, etablert teknologi, mens produksjon av EPA/DHA-rike oljer varierer fra etablerte industrielle prosesser basert på thraustochytrider til laboratorieprosesser basert på en del andre mikroorganismer eller endog bare mulige mulige prosesser som fortsatt mangler egnede produksjonsstammer.

Mikroorganismer inneholder normalt om lag 50 prosent protein av tørrvekt. Unntaket er hvis de har akkumulert intracellulært store mengder lipid, polyhydroksyalkanoater, eller annet. Da vil det relative proteininnholdet synke. Dette betyr at et bredt spekter av organismer kan benyttes som proteinkilde, forutsatt at de ikke produserer forbindelser med negativ effekt på fisken, og at proteinet er tilgjengelig for fisken. Celleveggen i mikroorganismer kan være en utfordring, og preprosessering kan være nødvendig for å øke fordøyeligheten. Avhengig av type mikroorganisme kan encelleprotein erstatte 20-55 prosent av proteinet i fôr til fisk og reker (Jones m.fl., 2020).

Svært få mikroorganismer akkumulerer fett eller oljer, og enda færre produserer de marine omega-3 fettsyrene DHA og EPA. De fleste mikrobielle oljene ligner vegetabiliske oljer mht. fettsyresammensetning. Kun thraustochytrider er kjent å produsere DHA som del av en triglyseridolje. Disse encellede organismene er eukaryote, obligat marine og heterotrofe, og kan akkumulere mer enn 50 prosent olje av tørrvekt, med mer enn 30 prosent DHA (Aasen m.fl., 2016). Noen stammer produserer også mindre mengder EPA. Thraustochytrider kalles ofte heterotrofe mikroalger, men tilhører et helt annet phylum og er bare fjernt beslektet med alger (Fossier Marchan m.fl., 2018). Dyrkingsteknologien er den samme som for bakterier og gjær.

## 2.10 Insekter

Interessen for insekter som substitutt, delvis eller fullstendig, til fôr for husdyrsektoren og akvakultur har opplevd en stor økning i interesse de senere årene. Ifølge Hua m.fl. (2019) har de fleste studier sett på en delvis innfasing av insektmel i fiskefôr, men flere studier ser nå på en fullstendig utfasing av fiskemel, for eksempel til laks og brasme. Insekter kan både avles frem, som produksjonsdyr, eller høstes fra naturen. Det forventes imidlertid at økt interesse for insekter vil føre til at det trengs større mengder enn hva som kan høstes i naturen. Da er det nødvendig med videre teknologisk utvikling og nøye overvåkning av utviklingen innenfor dette for å fange opp den miljømessige påvirkningen en slik produksjon kan ha (van Huis og Oonincx, 2017).

Makkar m.fl. (2014) har gjennomgått studiene som har blitt gjort på bruk av fem insektarter i fôr. Ernæringskvaliteter og bruk av svarte soldatfluer, husflue, melbiller, gresshopper/sirisser og silkemelorm i fôr til husdyr og fisk diskuteres. De er rike på protein og lipider. Studiene viser at smaken er god, og at de kan erstatte 25-100 prosent av soya- eller fiskemelet avhengig av arten. De viser til at videre forskning bør sette søkelys på bl.a. oppskalering, trygghet, regulatorisk rammeverk og aksept. Videre har Henry m.fl. (2015) sett på status og potensial for at insekter kan erstatte fiskemel og -olje i akvakultur. Studiene viser et potensial for å erstatte en god del med insektbaserte proteiner, og at melorm, maggot og silkeorm har vist seg mest lovende i eksperimenter så langt. Pabodha Weththasinghe ved NMBU peker på svart soldatfluelarve som en god kandidat for oppskalering på grunn av høyt protein- og fettnivå. Hun påpeker at det er et kunnskapshull når det kommer til prosessering av insektene og måten dette kan påvirke kvaliteten på sluttproduktet (NMBU, 2021b).

Når det kommer til husdyr, har blant annet Veldkamp og Bosch (2015) sett på hvorvidt insekter kan innføres i dietten til griser og fjørfe. De mener det er teknisk gjennomførbart å føre opp insekter på bioavfall, og at aminosyreprofilen til gul melorm, husflue og soldatflue ligner soyamel, som er nødvendig for produksjon av gris og broilere. For at dette skal øke i omfang og bli en viktig del av fôrkjeden globalt, må kostnaden ved produksjon og prosessering reduseres.

I tillegg til utfordringer knyttet til produksjon og oppskalering er det også noen samfunnsmessige barrierer. Ifølge Dobermann m.fl. (2017) kan insekter utgjøre verdifulle økonomiske og ernæringsmessige tilskudd til matproduksjon, enten som mat eller fôr, men det mangler reguleringer. Det trengs forskning på hvordan ernæringsverdien fra insekter kan forvaltes systematisk slik at det kan bli en økonomisk, ernæringsmessig og bærekraftig alternativ proteinkilde.

Bruk av insektmel i fiskefôr lages av larver som føres hovedsakelig på vegetabiliske produkter og/eller noe animalske produkter. Insektmel ble lovlig i fiskefôr i 2017 (Almås m.fl., 2020) og det ble godkjent i bruk i fôr til svin og fjørfe i august 2021. En barriere er likevel at dagens lovgivning forbyr avfall som fôr i insektdyrking, på grunn av frykt for smitte av kugalskap (BSE) (Animalia, 2021). Fôringredienser fra insekter har vist seg å være effektive, og laksefôr med inntil 85 prosent av proteinet fra insekter er ifølge studier helt på linje med fisk produsert med tradisjonelt fôr, men det er fortsatt kostbart sammenlignet med alternativene. Ifølge studien ved SINTEF er produksjonen globalt raskt økende, men det er vanskelig å finne god oversikt. Blant de norske initiativene fins det anlegg i Bjugn og i Ålesund. Med en oppmyking av reguleringer i Europa kan det bli mulig med produksjon av 2-5 millioner tonn insektmel per år, men dette er bare teoretisk så langt. For at dyrking av insekter skal kunne bli en viktig del av fremtidens fôr trengs det langsiktig og strategisk forskning på det (Almås m.fl., 2020).

Det er usikkert hvilke mengder det kan være snakk om av tilgjengelige ressurser. Det er mye utvikling som foregår på feltet. Foreløpig ser det ikke ut til å være et alternativ som kan forsvares kostnadmessig, og det trengs spesielt utvikling og innovasjon innen oppskalering for at dette skal bli en viktig fôrkilde i fremtiden. I tillegg er det utfordringer både knyttet til regulatoriske aspekter og den samfunnsmessige aksepten for insekter til bruk i fôr og mat.

## **2.11 Fototrofe mikroorganismer – mikroalger og blågrønnbakterier<sup>14</sup>**

Fotoautotrofe mikroorganismer kan være kilde til både omega-3 fettsyrer og protein. Fotoautotrofe organismer inkluderer landplanter, mikro- og makroalger og blågrønnbakterier (cyanobakterier) (Norsker, m.fl., 2011). Alle bruker pigmenter (klorofyller, karotenoider, fykobiliner) til å høste lysenergi (400-700 nm) som omdannes til kjemisk energi (ATP, NADPH) som benyttes til å omdanne CO<sub>2</sub> til biomolekyler for å bygge opp cellene. De viktigste makronæringsstoffene (i tillegg til karbon) er nitrogen og fosfor, som tas opp fra vannet som NH<sub>4</sub>/NO<sub>3</sub> og PO<sub>4</sub>. I tillegg bruker noen grupper silika til å bygge celleskall.

Hovedutfordringen ved intensiv produksjon av mikroalger er suboptimal lysutnyttelse, både i den teknologiske delen og på grunn av biologiske begrensninger (Martínez m.fl., 2018; Ooms m.fl., 2016). Mikroalger er en naturlig næringskilde for akvatiske dyr, de er "gresset" i næringskjeden. Tilgang på mikroalger er obligatorisk for produksjon av levende fôr (f.eks copepoder) og fiskelarver som ikke kan spise fôr direkte etter klekking. Mikroalgene er kilde til essensielle fettsyrer (omega-3) og aminosyrer, og en lite utnyttet kilde til bioaktive stoffer, fargestoffer, biodrivstoff, bioplastikk m.m.

Det er økende interesse for produksjon av mikroalger til humant konsum (Caporgno og Mathys, 2018) og dyrefôr, både akvafôr og fôr til landdyr. Næringsverdien avhenger bl.a. av aminosyreprofilen i proteinene og en fordel med marine mikroalger er en aminosyreprofil som er gunstig for akvatiske organismer. Det er behov for mer kunnskap om biomassens egenskaper og næringsverdi for dyr, fordøyelighet, eventuelle antinæringsstoffer o.l. En European Commission JRC Scientific and Policy rapport fra 2014 (Enzing m.fl., 2014) beskriver utsiktene for mikroalgeprodukter til fôr/mat i Europa også mht. marked, regelverk, o.l.

Protein utgjør omkring 50 prosent av tørrvekt i de fleste mikroalger. Unntaket er mikroalger som akkumulerer store mengder av f.eks. lipid, da proteinene gjerne utgjør

---

<sup>14</sup>

Teksten i kapittel 2.11 er delvis hentet direkte fra Almås m.fl. (2020), og er vurdert av medvirkende forfattere i Almås m.fl.

omkring 50 prosent av ikke-lipid tørrvekt. Mikroalger er også en kilde til omega-3 fettsyrer, men innholdet av EPA og/eller DHA varierer fra art til art og med dyrkingsbetingelsene (Acién m.fl., 2012).

Det foregår industriell produksjon av mikroalger i USA og andre land med gunstig klima, og det er eksempler på aktører som etablerer produksjon i Norden, inkludert den norske produsenten MicroA i Tananger (The European Commission's Knowledge Centre for Bioeconomy, 2018). Fokus er oftest høykostprodukter som astaxanthin (rød farge i laks), levendefôr til oppdrett/akvarier, og helsekost/Spirulina. Storskala produksjon av mikroalger har i hovedsak fokusert på biodrivstoff, hvor en fettakkumulierende mikroalge dyrkes med påfølgende ekstraksjon av lipidet som deretter kjemisk omformes til biodiesel. En eventuell industriell produksjon av biodrivstoff ved hjelp av mikroalger kan gi et betydelig "overskudd" av mikroalgeprotein som kan anvendes som fôr.

I dag benyttes i hovedsak naturlig sollys som lyskilde, men det er fullt mulig å produsere mikroalger med kunstig lys (gjerne LED), f.eks. i Norden. Dersom innstrålingen er sterk, må algekulturene skjermes både mot lys og varme. Hvis lyset er for svakt eller er av feil kvalitet (f.eks. lite med rødt/blått lys), blir veksten svekket. Tap av lysenergi skjer hele veien fra lyskilde til reaktor og gjennom vannet algene gror i, og i tette kulturer vil cellene bidra til sterk lysspredning og skygge for hverandre. Når lysenergien (i form av fotoner) kommer i for store mengder inn til fotosystemene i cellene, kan ikke alle fotonene omsettes til energiproduksjon og går i stedet tapt i form av varme eller fluorescens fra cellene. Resultatet er at biomassen sjelden kommer over noen få gram per liter kultur, selv om det teoretiske potensialet er høyere.

Bærekraftig produksjon av mikroalger ved bruk av sjøvann/prosessvann/avløpsvann, og på arealer som ikke er egnet for landbruk, har fornyet interessen for mikroalgeproduksjon. I de senere år har interessen økt for å koble mikroalgeproduksjon til f.eks. resirkuleringsanlegg (RAS) i fiskeoppdrett eller akvaponi, både som et vannbehandlingstiltak (fjerning av N før vannet slippes ut) og for å produsere mikroalger som fôr til f.eks. reker i oppdrett. Det kan også være mye å hente på å kombinere lysstyrt produksjon (autotrofi) med delvis heterotrof produksjon (miksotrofi), f.eks. bygge opp biomasse med lysenergi til et punkt der denne ikke øker lenger grunnet for tett kultur, for så å tilføre organisk karbon for å øke vekst/lagring av ønskede forbindelser. Dette er mulig fordi mikroalger tilhører ulike evolusjonære grener og har ulike egenskaper, noen er strengt autotrofe, mens andre kan veksle mellom ulike modus.

Ifølge FAO (2020) var den globale produksjonen av dyrkede mikroalger, inkludert cyanobakterier, i 2018 på minst 87 tusen tonn (trolig våtvekt), men rapporteringen av dyrking av mikroalger var ufullstendig og tall manglet for sentrale land som Israel, India,

Japan, Australia og USA. Mer enn 99 prosent av det rapporterte volumet var produsert i Kina. Ifølge Benemann (2013) var den globale industrielle produksjonen av fototrofe mikroalger, inkludert cyanobakterier, tidlig på 2010-tallet omkring 15 tusen tonn tørrvekt per år. Her mangler trolig Kina. Kombinerer vi disse to kildene er det sannsynlig at dagens globale produksjon av dyrkede mikroalger er på minst 30-40 tusen tonn tørrvekt per år. I det minste utenfor Kina er produksjonen dominert av produkter med en verdi på mer enn 100 kr/kg (Almås m.fl., 2020). DHA/EPA (ca 70 kr/kg som del av en DHA/EPA-rik olje) og spesielt protein (20-30 kr/kg) er i så måte utfordrende produkter. Mer enn 95 prosent av volumet i den industrielle produksjonen skjer i åpne dam-systemer (Benemann, 2013) og disse er bedre egnet i solrike og varmere land enn Norge. De er også svært arealkrevende (se under). Bruk av ulike fotobioreaktorer basert på sollys eller kunstig lys øker i omfang, men primært for produksjon av høyverdi/lavt-volum produkter.

En eventuell produksjon av mikroalger som kilde til EPA/DHA og/eller protein til bulkfôr til laks vil kreve en produksjonsskala langt over dagens nivå. Produksjon av 100 tusen tonn mikroalgeprotein, som tilsvarer 5 prosent av det estimerte proteinbehovet i 2050, vil kreve omkring 200 tusen tonn tørrvekt mikroalger per år, eller 0.6-0.8 millioner tonn våtvekt mikroalger. Proteinutbyttet er det vanskeligere å påvirke, men man kan utnytte restmassen etter lipidekstraksjon. Ved produksjon av 7 tusen tonn EPA/DHA vha. 60-120 tusen tonn (tørrvekt) fototrofe mikroalger vil man også få 20-60 tusen tonn protein.

Utbyttet av mikroalger avhenger av dyrkingsteknologien og varierer fra 100 til 1400 kg tørrvekt per hektar og døgn. Estimert produksjonskostnad er 7-250 kr/kg tørrvekt for produksjonsvolum fra 200 tonn til 125 tusen tonn per år, med et estimert teoretisk minimum på rundt 2 kr/kg tørrvekt. Produksjonskostnadene per kg avtar med økende volum. Mikroalger inneholder ofte omkring 50 prosent protein, som gir en proteinpris i området 14-500 kr/kg. De laveste estimatene er på nivå med dagens pris for protein fra soyaproteinkonsentrater (12-18 kr/kg), mens de høyeste estimatene ligger godt over dette nivået (Almås m.fl., 2020).

Rent teknisk er det ingen grenser for hvor stor produksjonen kan bli, så lenge prisen på produktet forsvarer investeringer og produksjonskostnader. Produksjon av 200 tusen tonn tørrvekt mikroalger, vil kreve betydelige arealer, fra 4-57 km<sup>2</sup> lysflateareal for algene, men ulike reaktorutforminger som skråstilte paneler kan redusere faktisk arealbruk noe. Ved storskala bulk-produksjon vil god tilgang på sollys være et økonomisk fortrinn, og land med mye sol, f.eks. rundt Middelhavet, vil ha en fordel. Arealkravene kan gjøre ørken og halvørken-områder med lav arealpris særlig interessante, forutsatt at det er noe tilgang på vann. Ved dyrking i mindre skala, f.eks.

for produksjon av levendefôr er kunstig lys et alternativ og arealkravene mer begrensede.

Basert på dagens tekniske løsninger og tilgjengelige stammer av mikroalger er produksjon av EPA/DHA og protein i en skala som monner for bruk i bulkfôr til laks en utfordring, og spesielt i Norge hvor fotobioreaktorer og kunstig lys synes mest aktuelt.

### **Prosessutvikling**

På teknologi-siden jobbes det med å utvikle optimaliserte reaktorer (kort lysvei, stor overflate, optimal turbiditet for effektiv lysutnyttelse). Som annen industriell produksjon, bør mikroalgeproduksjonen etableres med fokus på prosesskontroll for optimal utnyttelse av næring, CO<sub>2</sub>, vann, osv. I dag varierer produksjonsanleggene fra enkle åpne damsystem (evt. støpte basseng) til avanserte, lukkede og kontrollerbare reaktorer og fermenteringssystem. Når produksjonsomfanget øker må også nødvendig utstyr for videre behandling tilpasses, som f.eks. avvannings/høstingsteknologi. I dag hentes det meste fra andre produksjoner, men det kan være nødvendig med tilpasninger for å øke effektiviteten.

Produksjon av nye fôringredienser basert på mikroalger kan også begrenses av lovmessige reguleringer. I EU er "Novel food" definert som "food not used for human consumption before May 15th 1997". Listen over godkjente mikroalger er ikke lang. Mikroalgene *Chlorella*, *Dunaliella* og *Haematococcus* står på listen sammen med cyanobakterien *Arthrospira* (spirulina). I de senere år har noen flere arter blitt lagt til som *Isochrysis*, *Nannochloropsis*, og *Phaeodactylum*. Dette legger begrensninger på mulighetene for å utnytte den store diversiteten av mikroalger til å framstille nye næringsmidler, men i hvilken grad dette også vil gjelde fôrprodukter er mer uklart.

## **2.12 Restråstoff**

Lindberg m.fl. (2016) presenterer en oversikt over volum, sammensetning, kvalitet, anvendelse og nye muligheter for bruk av restråstoff fra norsk industriell bearbeiding av cerealer, kjøtt, planteoljer, frukt, bær, grønnsaker og potet. De viser at det totale volumet restråstoff er ca. 415.000 tonn, derav bl.a. skall- og klifraksjoner fra kornprosessering og bryggerinæringen med hhv. 69.800 tonn og 17.000 tonn mask årlig, 27.300 tonn animalsk fett, 800 tonn pressrest fra norsk kaldpresset raps og oljedodre, 1.300 tonn pressrest fra eple og 64.150 tonn restråstoff fra grønnsak- og potetindustrien. Mye av dette går allerede til dyrefôr. Det finnes muligheter for å utnytte dette restråstoffet til bedre betalte produkter. Arbeidet med rapporten viser at det i Norge er enklere å få oversikt over matssvinn enn i mange andre land, men at det også i Norge byr på problemer. I Norge ble det i 2019 kastet mer enn 417.000 tonn spiselig mat (NHO Mat og Drikke, 2021).

Aspevik m.fl. (2017) viser til at det er store mengder proteinrikt restråstoff som bein, skrotter, blod, skinn, innvoller, hover, og fjær fra prosessering av dyr fra fjørfe, husdyr, fiskerier og akvakultur. Omtrent 40-60 prosent av den totale vekten av dyr og fisk klassifiseres som restråstoff. Disse sidestrømmene kan resirkuleres og oppgraderes til mer høyverdige produkter til bruk i menneskemat og fôringredienser, men streng lovgivning gjør at utnyttingen av restråstoff møter en stor barriere. Aspevik og kollegene peker på at produksjon av proteiner fra restråvarer har et stort potensial, men at det er essensielt at det jobbes med kartlegging av forbrukeraksept før slike produkter når markedet. For at dette skal kunne bli en del av kostholdet i fremtiden trengs det samarbeid mellom mange ulike aktører.

Løes m.fl. (2020) har kartlagt typer og mengder av restråstoff for blå og grønn verdikjede og vurdert bruk til nye produkt innen mat, fôr og gjødsel i Møre og Romsdal. Tilgjengelig mengde restråstoff i form av hode, lever, slo, rogn og melke fra hvitfisk og avskjær og rygger fra bearbeiding av klippfisk og saltfisk 65.492 tonn. Fra sild regner de med det er ca. 53.000 tonn restråstoff årlig. Selv om det er tilgjengelig restråstoff eller såkalte sidestrømmer fra produksjonsprosesser, trenger det ikke å være uutnyttet i dag. Snarere tvert imot, det meste blir anvendt på en eller annen måte. Innenfor landbrukssektoren skriver Løes m.fl. (2020) at 96 prosent av jordbruksarealet brukes til grovfôrproduksjon og at rundt 40.000 tonn gjødsel kunne blitt brukt til andre formål enn i dag. 300.000 tonn myse årlig er tilgjengelig. Utveksling av restråstoff mellom blå og grønn sektor kan i noen tilfeller være vanskelig, spesielt med tanke på de økonomiske rammene for de ulike sektorene. Blå verdikjede produserer for eksport og har god lønnsomhet og høye priser. Jordbrukets grønne verdikjede mottar offentlig støtte, råvarer derfra er dårligere betalt og det produseres i all hovedsak for hjemmemarkedet. En alternativ bruk av restråstoff kan ha som siktemål å øke verdien i anvendelsen.

Almås m.fl. (2020) viser til at størstedelen av restråstoffet fra fiskeforedlingsindustrien i dag blir utnyttet, men at dette i størst grad handler om lavverdi-produkter. Det ble i 2018 produsert ca. 954.000 tonn fiskerestreststoff i Norge, i tillegg til at en del eksporteres for videreforedling.



Tabell 7: Restråstoff fra sjømatindustrien i 2018 produsert i Norge og fordelt på ulike sektorer

Sektor	Råstoffgrunnlag (levende vekt) (1000 tonn)	Tilgjengelig restråstoff (1000 tonn)	Utnyttet restråstoff (1000 tonn)	Ikke utnyttet restråstoff (1000 tonn)
Havbruk	1 466	418**	380** (91 %)	38*
Pelagisk fisk	1 296	205	205 (100 %)	0
Hvitfisk	756	320	189 (59 %)	131
Skalldyr	52.1	10.8	3.9 (36 %)	7
<b>Samlet</b>	<b>3 570</b>	<b>954</b>	<b>778 (82 %)</b>	<b>176</b>

\* I hovedsak blod

\*\* Inkludert selvdød fisk (ca. 95.000 tonn) som gikk til biogass

Kilde: (Almås m.fl., 2020, s. 30)

Ca. 40 prosent av oppdrettsfisken blir restråstoff, dvs. etter slakting. Med Norges produksjonsvolum burde dette gi 548.000 tonn tilgjengelig restråstoff, men på grunn av at mye hel fisk eksporteres, eller videreføres i utlandet var volumet av utnyttet restråstoff ekskl. selvdød fisk ca. 285.000 tonn. Blodet i havbrukssektoren utnyttes ikke i dag, og det er anslått at 37.000 tonn blod kan samles opp under slakting (Almås m.fl., 2020).

Myhre m.fl. (2021) viser at norsk havbruksnæring produserte i 2020 478.000 tonn tilgjengelig restråstoff, mens hvitfisk, pelagisk fisk og skalldyrfangst produserte 540.000 tonn. Dette blir drøyt 1 million tonn, hvorav 85 prosent blir utnyttet. Lavest andel av utnyttet restråstoff er det for hvitfisk (58 prosent), deretter skalldyr (62 prosent), mens havbruksnæringen utnytter 93 prosent. Alt av restråstoff fra pelagisk fisk blir utnyttet til fiskemel og fiskeolje (Myhre m.fl., 2021).

Restråstoff fra villfangst finnes i store mengder, men det er ikke forventet at mengden vil øke utover økt utnyttelse. I 2018 var det 205.000 tonn restråstoff fra pelagisk fisk, og bortimot alt ble utnyttet. 59 prosent av restråstoffet fra hvitfisk ble utnyttet og 36 prosent av restråstoffet fra skalldyr ble utnyttet. Grunnen til at disse utnyttes dårligere er mangel på tekniske løsninger på fangstfartøylene og økonomiske grunner til å ta med til land. Det er potensiale for å utnytte marint restråstoff bedre, spesielt i hvitfisksektoren og spesielt innenfor fôrmarkedet, direkte og indirekte humant konsum og til energi og biogass. Mye av restråstoffet ensileres, men de siste årene har hydrolyse av restråstoff økt i volum og anvendelse, på grunn av et økt kvalitetsfokus i markedet (Almås m.fl., 2020).

Sand m.fl. (2020) finner i sin studie av muligheter for innovasjon på tvers av jord-, skog- og havbruk i Trøndelag at det er noe samarbeid mellom sektorene når det gjelder råstoffleveranser til fôr herunder også behandling av restråstoff. Det arbeides med å skape mer samhandling gjennom en rekke prosjekter, men det er stor mangel på

kunnskap om hva samarbeidene går ut på utover råstoffleveransen. De finner også manglende kunnskap om hvordan restråstoff kan benyttes alternativt og hvordan verdiskapningen av utnyttelse av restråstoff er i dag.

Hua m.fl. (2019) beskriver kort mulighetene for bruk av matavfall som en fôrressurs. Globalt utgjør dette 1,3 milliarder tonn, nesten 1/3 av all mat produsert. En del land tillater bruk av matavfall som fôr, mens det for eksempel i Europa fins regulatoriske barrierer mot bruk av matavfall som en følge av kugalskap/BSE som herjet i Storbritannia på starten av 2000-tallet (Dou m.fl., 2018). I 2021 vedtok EU at det skal være lov å bruke animalske proteiner fra fjørfe i svinefôr og omvendt fra september 2021. Dette vil også bli tatt inn i EØS-avtalen. Krav om adskilte produksjoner, for å unngå kannibalisme, vil likevel trolig begrense mengden noe i starten (Bondebladet, 2021). Animalia (2021) anslår at det i dagens norske husdyrproduksjon tilsvarer ca. 50.000 tonn kjøttbeinmel hvert år, noe som kan erstatte rundt 60.000 tonn soyamel på proteinbasis.

Samlet kan vi si at det er en del restråstoff tilgjengelig. Innen marint restråstoff er det 15 prosent utnyttet restråstoff (157.000 tonn). Innenfor norsk industriell bearbeiding av råvarer er det 415.000 tonn, mye av dette er allerede utnyttet. I tillegg er det store ressurser potensielt tilgjengelig i forbindelse med slakting (eks. 50.000 tonn kjøttbeinmel), men lovverk forhindrer bruk av beinrester og slakteavfall. Som nevnt kan det komme lovendringer på dette feltet etter at EU har startet en oppmyking av reglene. Tverrsektoriell samhandling om restråstoff kan være en mulighet på langt flere områder enn i dag (se f.eks. Sand m.fl., 2020). Her trengs prosjekter og initiativ som knytter sektorene sammen og skaper relasjoner, skal man klare å få utnyttet råstoff og restråstoff på en bedre måte enn i dag. Det kan gi økt bærekraft, inkludert økt verdiskapning.

### 3. Fôrbehov og import av fôringredienser

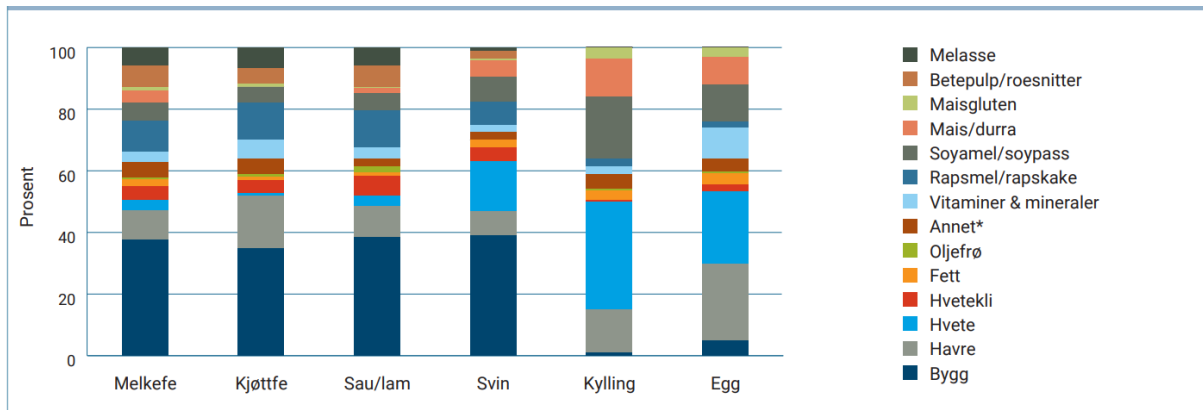
Selvforsyningsgraden er sterkt knyttet til import av fôrråvarer. Den norske selvforsyningsgraden kan beregnes på ulike måter. Dersom man ser på matvarer produsert i Norge var selvforsyningsgraden i 2019 på 45 prosent målt på energibasis. Dersom man heller ser på matvarer produsert i norsk jordbruk baserte på norske fôrressurser var den 36 prosent, det vil si at importert fôr er fratrukket (Kildahl, 2020). Hvis man regner inn all maten som blir produsert i Norge, og som vi i en gitt krisesituasjon kan konsumere innenlands, altså dekningsgraden, blir det 87 prosent (Dombu m.fl., 2021). Animalia (2020), ved forfatterne Nysted, Uldal og Vakse, har kartlagt hva norske husdyr spiser og hvor stor andel av dette fôret som er norsk. Som vi ser nedenfor i tabell 8 hentet fra denne rapporten, har drøvtyggerne (storfe og sau) en høy andel norsk råvarer i fôret sitt på grunn av en høy andel grovfôr i fôrseddelen. Kyllingproduksjon er den næringen med minst andel norske råvarer, etterfulgt av egg og svin. Dette er husdyrproduksjoner som er så godt som utelukkende fôret med kraftfôr.

Tabell 8: Andel grovfôr og kraftfôr i rasjonen til de forskjellige husdyra, samt total norskandel i fôret i et normalår.

	Andel kraftfôr i fôrseddelen til dyret (%)	Andel norske råvarer i kraftfôret (%)	Andel grovfôr i fôrseddelen til dyret	Andel norske råvarer i det totale fôret (grovfôr og kraftfôr)
Storfe – Melkeproduksjon	45	60	55	82
Storfe – Ammeku	7	63	93	97
Storfe okser – Intensiv produksjon	39	63	61	86
Sau/lam	12	63	88	96
Svin	100	71	-	71
Kyllingproduksjon	100	40	-	40
Eggproduksjon	100	54	-	54

Kilde: (Animalia, 2020, s. 7)

Videre har forfatterne fra Animalia laget en oversikt over hvilke ingredienser det er i kraftfôret til de ulike husdyrproduksjonene.



Figur 4: Ingredienser i kraftfôr til de ulike husdyrproduksjonene

«Representative kraftfôrresepter beregnet for de ulike dyreslagene: Hvert av de fire store norske fôrfirmaene leverte oversikter over bruk av råvarer i kraftfôret til de ulike dyreslagene i et normalår. Reseptene ble vektet i forhold til markedsandeler og deretter slått sammen. Flere av tallene var i intervaller. Der ble gjennomsnitt brukt. De nye reseptene ble så sammenliknet og justert etter tilgjengelige tall fra Landbruksdirektoratet. Justeringene ble gjort i samarbeid med to av de norske kraftfôrprodusentene.

\*Fiskemel/ensilasje, rug, åkerbønner, palmekjerne, luserne, erter, potetmjøl, solsikkemjøl og urea.»  
Kilde: (Animalia, 2020, s. 9)

Det er ifølge Animalia (2020) først og fremst karbohydratråvarene mais, melasse, betepulp, roer og proteinråvarene soya, raps og maisgluten som blir importert for å brukes i kraftfôr til norsk husdyrproduksjon. I tillegg importeres det meste av vitaminer og mineraler, men dette utgjør en relativt liten andel av volumet. Av den soyaen som blir importert går ca. 1/3 til husdyrfôr, mens resten går til kraftfôr til akvakultur. Dette tilsvarer per 2017 544.000 tonn soyabønner, noe som basert på Olafsen m.fl. (2012) i 2030 vil utgjøre 1,3 millioner tonn og 2,2 millioner tonn i 2050.

Aas m.fl. (2019)<sup>15</sup> sin undersøkelse av laksenæringens fôrbehov viser at det i 2016 ble brukt 1,62 millioner tonn fôrråvarer (1,52 millioner tonn tørrstoffbasis). Av dette volumet utgjorde soya 19 prosent, hvete og hvetegluten 18 prosent, raps og kamelinaolje nesten 20 prosent, marine proteinkilder 14,5 prosent og marine oljer 10,4 prosent. Aas m.fl. (2019) oppgir at 93 prosent av ingrediensene i fôret til norsk laks importeres.

<sup>15</sup> Nofima har utarbeidet en oppdatert rapport om fôrsammensetning og ressursutnyttelse i havbruksnæringen i Norge, som ble publisert i 2022 (Aas m.fl., 2022). Denne er ikke tatt med i denne rapporten.

Tabell 9: Ingredienser brukt i norsk laksefôr i 2016

	Ingredient	Tonnes	%
Plant protein sources	Soya protein concentrate	309,711	19.0
	Wheat gluten	146,274	9.0
	Corn gluten	57,973	3.6
	Faba beans	54,754	3.4
	Sunflower meal	18,548	1.1
	Pea protein concentrate	21,939	1.3
	Sunflower protein	8,691	0.5
	Other vegetable protein	37,424	2.3
Plant oils	Rapeseed and camelina oil <sup>1</sup>	322,580	19.8
	Linseed oil	5,625	0.3
Carbohydrate sources	Wheat	144,605	8.9
	Pea starch	12,302	0.8
	Unknown plant carbohydrate source	15,709	1.0
Marine protein sources	Marine protein sources, forage fish	190,277	11.7
	Marine protein sources, trimmings	46,362	2.8
Marine oils	Marine oil, forage fish	126,760	7.8
	Marine oil, trimmings	42,521	2.6
Other	Micro ingredients <sup>2</sup>	65,422	4.0
	<b>Sum</b>	<b>1,627,478</b>	<b>100</b>

<sup>1</sup> Rapeseed oil is dominating, but rapeseed and camelina oil were given as a sum from one of the feed companies, and could therefore not be separated from each other.

<sup>2</sup> Micro ingredients contain ingredients such as crystalline amino acids, phosphorus sources and astaxanthin.

Kilde: (Aas m.fl., 2019, s. 9)

Det importeres betydelig mengder av enkelte råvarer til norsk husdyr- og oppdrettsproduksjon. Det er store variasjoner når det kommer til andelen norske råvarer i fôret til de ulike produksjonsdyrene, der ammeku og sau/lam har den høyeste andelen norske råvarer, mens laks har den laveste.

## 4. Prosjekter og initiativ om fôr

Nedenfor presenter vi et lite utvalg av prosjekter og initiativ knyttet til fôrproduksjon. Listen er ikke utfyllende. Utvalget er satt opp på grunnlag av andre prosjekter vi er blitt klar over i forbindelse med litteratursøk og oversikter i de enkelte fagmiljøene. Det er ikke en systematisk prosjektoversikt.

### **Sustainable management of mesopelagic resources (SUMMER)**

Dette prosjektet skal undersøke hvorvidt de mesopelagiske sonene inneholder så mye biomasse som de seneste funnene antyder (90 prosent av planetens totale biomasse). Det er ikke god nok kunnskap om hvordan mesopelagisk fisk sin rolle i økosystemet og det trengs derfor verktøy for å fastslå hvor stor biomasse det er snakk om, de miljømessige virkningene av utnytting og hvilket kommersielt potensial mesopelagisk fiske kan innebære. Prosjektet startet i september 2019 og vil avsluttes i august 2023 (Summer, u.d.).

### **Foods of Norway**

Foods of Norway (NMBU, u.d.) er et stort prosjekt (2015-2023) med mål om å øke verdiskapningen i norsk havbruk, og kjøtt- og melkeindustrien ved å utvikle nye fôringredienser fra naturlige bioressurser og ved å forbedre fôrutnyttningen gjennom industriell bruk av ny forskning på prosessering og teknologi, ernæring, helse, genetikk og matkvalitet. Prosjektet ledes ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) og en rekke partnere fra både forskning og næringsliv er involvert. Prosjektet er et av de nasjonale *Norwegian Centre for Research-based Innovation (CRI)*.

### **FoodProFuture**

Prosjektet skal «utvikle en kunnskapsplattform for optimal produksjon og utnyttelse av norske, proteinrike vekster». Prosjektet ledes av Norges miljø- og biovitenskapelige universitet og Nofima og NIBIO er med i samarbeidet. Det varer til april 2021 (FoodProFuture, u.d.).

### **InnoGrass**

InnoGrass er et prosjekt som startet januar 2019 og skal ferdigstilles juni 2021. Målet med prosjektet er at det skal legge grunnlaget for grønn bioraffinering, og det skal utvikles en prosess for å utvinne høyverdig protein som kan konkurrere med andre proteinkilder på pris (DTU, u.d.).

### **Mafigold**

Mafigold har som hovedmål å utnytte avfallsproduktene som kommer fra produksjoner i landbruket og havbruket. Det skal lages gjødselprodukter, det skal testes hvordan gjødselproduktene blir brukt på best mulig måte, og det skal regnes på

klimagassutslipp fra foredling, transport og utnyttelse. Prosjektet varer fra mars 2019 til februar 2022 (NIBIO, 2019b).

### **Susinchain**

Dette er et prosjekt finansiert av Horizon Europe som skal teste, lage piloter og demonstrere nyutviklede innovasjoner, deriblant teknikker, produkter og prosesser når det kommer til bruk av insekter i fôr og mat. Målet er å overkomme barrierer gjennom å senke prisen på insektprodukter, prosessere mer effektivt og finne måter å bruke insektproteiner trygt og bærekraftig. Prosjektet startet oktober 2019 og varer frem til september 2023 (Susinchain, 2020).

### **VALUMICS**

Prosjektet skal gi beslutningstakere i verdikjeder for mat tilnæringsmåter og verktøy som gjør de bedre stilt til å forbedre europeiske verdikjeder når det gjelder bærekraft, integritet og motstandsdyktighet. Prosjektet skal ferdigstilles i 2021 (SINTEF, 2017)

### **BioCycles**

Prosjektet skal utnytte ulike typer restråstoff og resirkulere til nye marine bioressurser. Restråstoff fra treforedlingsindustrien, havbruk og landbruk skal brukes til å lage et substrat til gammarider. Prosjektet varer fra 2019 til 2022 (SINTEF, 2019).

### **SFI Harvest**

SFI Harvest skal utvikle både kunnskap om og teknologi for høsting og prosessering av lavtrofiske marine organismer. For å sikre bærekraftig utnyttelse av disse trengs det teknologiske løsninger, kunnskap om økosystemer og forretningsmodeller (SINTEF, u.d.).

### **ProRefine**

ProRefine skal forbedre lokale, organiske matsystemer gjennom fraksjonering av plantedeler av belgvekster til fôr. Det å utvikle metoder for å ekstrahere protein fra fôr kan føre til mer lokale fôrråvarer tilpasset både kyr og enmagede dyr (NIBIO, u.d.).

### **NØFF**

Prosjektet NØFF skal fremskaffe og formidle kunnskap om norsk produksjon av økologisk fôr til å sikre proteinforsyningen i økologisk svinehold i henhold til nytt økologiregelverk (Ruralis, u.d. b).

### **Millennial Salmon**

Nofima skal i samarbeid med to fôrprodusenter, InnovaFeed og Corbion, utnytte industrielle sidestrømmer av biomasse til å produsere mikroalger og insekter til bruk i akvafôr. Andre deltakere i det fire år lange prosjektet er SINTEF Ocean og Cargill/EWOS.

Målet er å utvikle verdens mest bærekraftige laks ved å bruke nye ingredienser med et lavt karbonavtrykk og fokus på sirkulærøkonomiske prinsipper (Nofima, 2021).

### **Råvareløftet**

Bellona, Sjømat Norge, Aker BioMarine, BioMar, Cargill, Hordafør, Mowi, Skretting og Zooca har etablert et samarbeid kalt Råvareløftet der de vil jobbe for industrielle satsinger på norske fôrråvarer (Bellona, 2021).

### **SusFeed – Bærekraftig norsk fôrproduksjon**

Formålet med SusFeed er å utvikle en inngående forståelse av fôrsystemet til husdyrhold og oppdrett av laks: Hvordan fôr kan høstes, produseres, bearbeides og distribueres for å møte de økende og skiftende behovene til Norges jordbruks- og havbrukssektorer. I dette prosjektet skal bærekraften til ulike fôringredienser vurderes (Ruralis, u.d. a). Prosjektet er en direkte oppfølger av forprosjektet som denne rapporten er en del av.

I tillegg er det flere andre fôrprosjekter som skal gjennomføres i tiden som kommer, bl.a.:

- Bærekraftig fiskefôr fra norsk skogbasert biomasse (Synergifabrikken AS)
- Implementering av teknologi for kommersiell utnyttelse av næringsstoffer i fiskebein – TechBone (Pelagia AS)
- Ny analyseteknologi for detektering og kvantifisering av arter i fôr og fôringredienser (Orivo AS)
- Et nytt miljøvennlig produsert og helseforbedrende og luseavskrekkende alge-laksefôr (Finnfjord AS)
- Lignin to BioAromatics (Borregaard AS)
- Microalgae contributions to future protein and fatty acid rich feed for Norwegian chicken at industrial scale (Algæ AS)
- Enhancing the potential of Calanus as raw material for sustainable aquaculture feed (SINTEF Ocean AS)



## 5. Relevante databaser

NIBIO drifter to ulike nettsider med kart hvor en kan se på ulike kartlag og også velge bakgrunn som for eksempel flyfoto. Dette er Gårdskart<sup>16</sup> og Kilden<sup>17</sup>. Under Kilden er det flere faner for ulike tema. Flere av kartlagene kan benyttes til å vurdere ressursgrunnlaget for fôrproduksjon etter ønsket inndeling. Det er også dekningskart som viser hvor vi finner detaljert kartlegging av jordsmonn og beiteressurser. Dataene fra programmene kan aggregeres på mange mulige måter. Landskogstakseringene og 3Q-data<sup>18</sup> ligger ikke på Kilden fordi områdene som inngår i disse undersøkelsene ikke skal være allment kjent.

### FKB-AR5

FKB-AR5 er et heldekkende kart som kan sees på Kilden og lastes ned fra geonorge.no (forutsatt at man har rettighet til bruk av datasettet). Områder over skoggrensa er ikke inkludert i kartlaget.

Kartet er ikke detaljert med hensyn til bebygde arealer. Det er jordbruk og skogbruk som er sentralt for datainnsamlingen. Datasettet inneholder de fire temalagene (egenskapstypene): Arealtype, treslag, skogbonitet og grunnforhold.

Oppdatering av AR5 utføres kontinuerlig av kommunene med støtte fra NIBIO. NIBIO tar også vare på årsversjoner av kartet, slik at det er mulig å følge arealendringer over tid. (Eksempler på dette finnes også på Kilden.)

AR5 viser mulig bruk av arealet. For eksempel behøver ikke jordbruksareal å være i bruk for å bli klassifisert som jordbruksareal. Men det skal ikke være helt gjengrodd jordbruksareal. Gror det til med trær blir arealet etter hvert omdefinert til skog. Dette gjøres enten av kommunen eller ved NIBIOs oppdatering av kartgrunnlaget, som skjer etter at det er tatt nye flyfoto gjennom omløpsfotograferingen.

Arealressurser er dokumentert i en rekke kart som kan lastes ned fra Kilden, en kartløsning fra NIBIO (NIBIO, u.d.). Ikke alle er heldekkende, slik som potensiale for dyrking av ulike vekster. Men arealressurskartet er heldekkende for skog og jordbruksområder. Den informasjonen er oppsummert for ulike områder i Arealbarometer-publikasjoner (NIBIO, 2019a). Arealbarometer inneholder informasjonen om:

---

<sup>16</sup> <https://gardskart.nibio.no/search>

<sup>17</sup> <https://kilden.nibio.no/>

<sup>18</sup> 3Q er forkortelsen for et program i NIBIO som driver med tilstandsovervåking og resultatkontroll i jordbrukets kulturlandskap: <https://www.nibio.no/tema/landskap/systematisk-overvaking-av-jordbrukslandskap/3q>

- Arealressursene, hentet fra arealressurskartet AR5. I områder som ikke er kartlagt i AR5 er det supplert med informasjon fra AR50.
- Hvordan jordbruksarealene brukes, hentet fra søknadene om produksjonstilskudd. Det gjelder både jordbruksvekster og husdyr. For melkekyr, kjøttfe (ammekyr), sauer, geiter, avlpurker og verpehøner vises bestandstall på telledato om våren, mens tallene for slaktegris og slaktekyllinger er sumtall for et år.
- Informasjon om kvalitet på jorda, dreneringsforhold og tørkesvakhet, hentet er basert på jordsmonnkartlegging av jordbruksarealer.
- Arealer som kan dyrkes opp til fulldyrka jord, hentet fra kartet Dyrkbar jord som er basert på kartlegging i felt fra 1960-1980-tallet samt oppdatering fra arealressurskartet AR5.

*Tabell 10: Arealgenskaper knyttet til arealer i AR5*

Attributt: ARTYPE		ARTRESLAG		ARSKOGBON		ARGRUNNF	
Kode	Arealtype	Kode	Treslag	Kode	Skogbonitet	Kode	Grunnforhold
21	Fulldyrka jord	31	Barskog	15	Særs høg	45	Organiske jordlag
22	Overflatedyrka jord	32	Lauvskog	14	Høg	44	Jorddekt
23	Innmarksbeite	33	Blandingsskog	13	Middels	43	Grunnlendt
30	Skog	39	Ikke tresatt	12	Lav	42	Fjell i dagen
50	Åpen fastmark	98	Ikke relevant	11	Impediment	41	Blokkmark
60	Myr	99	Ikke registrert	98	Ikke relevant	98	Ikke relevant
81	Ferskvann			99	Ikke registrert	99	Ikke registrert
82	Hav						
70	Bre						
11	Bebyggd						
12	Samferdsel						
99	Ikke kartlagt						

*Tabell 11: Arealtyper som er registrert i arealressurskartet AR5, sum areal i Norge og andel av totalt areal*

Arealtyper		Dekar i Norge	Andel av Norge
Jordbruksareal	Fulldyrka	8 801 765 dekar	2,70 %
	Overflatedyrka	324 768 dekar	0,10 %
	Innmarksbeite	2 216 055 dekar	0,70 %
Skog	Produktiv skog	72 960 602 dekar	22,50 %
	Uproduktiv skog	30 794 474 dekar	9,50 %
Bebyggelse/samferdsel		3 811 158 dekar	1,20 %
Annet markslag	Åpen fastmark	47 107 214 dekar	14,60 %
	Myr, åpen eller med skog	14 234 867 dekar	4,40 %

	Ferskvann	18 375 208 dekar	5,70 %
	Snø/is/bre	57 451 dekar	0 %
Ikke kartlagt	Skog, uklassifisert	15 541 617 dekar	4,80 %
	Snaumark	99 236 461 dekar	30,70 %
	Ferskvann	1 740 730 dekar	0,50 %
	Annet areal	8 355 612 dekar	2,60 %

Kilde: Arealressurskart AR5, årsversjon 2020, NIBIO

NIBIO har også verktøyet Skogressurskartet SR16 som kobler felldata med fjernmålingsdata for å vurdere ressursene i skogen. Bergseng m.fl. (2018) har testet ut verktøyet ved å lage en ressursoversikt over Trøndelag. Ved dette kan det lages prognoser for mindre arealer hvor man får beregninger av fremtidig avvirkningspotensial.

I tillegg kan det ved estimering av ressurstilgang være andre viktige aspekter som må trekkes inn. Et eksempel er vernede arealer for eksempel i skog og andre områder. Vern innebærer at det må tas spesielle hensyn i området. Kart over verneområdene utarbeides av Miljødirektoratet og kan lastes ned fra [geonorge.no](http://geonorge.no)

Høydemodeller er benyttet ved konstruksjon av flere av kartlaggene for å klassifisere areal etter helling. Beregninger fra høydemodeller kan også kombineres med andre kartlag som AR5. Jordbruksareal i AR5 kan for eksempel klassifiseres etter helling, se for eksempel Stokstad (2020, s. 22).

Avstand til vei eller langs vei kan være sentralt for hvor lønnsomt det er å utnytte en ressurs. Derfor kan det også være interessant å trekke inn kartfesta informasjon om veinettet fra Statens Veivesen.

### **Akvakultur**

Fiskeridirektoratet (u.d. b) utgir statistikk for akvakulturproduksjon i Norge. Dette er en årlig undersøkelse som inkluderer tidsserier om sysselsetting, antall tillatelser, salg, beholdning, tap i produksjonen osv.

## 6. Bærekraft og helhetlige studier

En bærekraftig utvikling av førsystemet er helt essensielt gitt de utfordringene vi står overfor når det gjelder klimaendringer, miljø, samfunn og vekstambisjoner, særlig innen havbruk. Bærekraftsbegrepet omfatter ulike aspekter og betydninger, og vi vil i dette kapittelet peke på og drøfte noen sentrale begreper rundt førsystem og bærekraft i et helhetlig perspektiv. En viktig, og ofte underkommunisert del av bærekraftig utvikling, er den sosiale dimensjonen, noe vi vil forsøke å innlemme som en viktig del av utviklingen av nye verdikjeder for fôr.

Bærekraftig utvikling ble satt på sakskartet både som begrep og fenomen med Brundtlandskommisjonens rapport Vår felles framtid i 1987. Her ble den kjente definisjonen av bærekraft etablert: «En utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov.» (Verdenskommisjonen, 1987). Siden den gang er mye endret, og blant annet klimaendringer og klimatiltak er satt høyere opp på dagsorden. Det vises gjerne til at det er tre viktige dimensjoner i bærekraftsperspektivet: a) klima og miljø, b) økonomi og c) sosiale forhold. Dette er på ulike måter utforsket, konkretisert og operasjonalisert. FNs 17 bærekraftsmål er blitt etablert som styringsmål i mange sammenhenger. Mer om bærekraft kan leses på nettsidene til FN<sup>19</sup>. Bærekraftig utvikling krever at man vedlikeholder de tre gjensidig avhengige bærekraftsdimensjonene (eller pilarene); klima- og miljømessig, økonomisk og sosial bærekraft. Hvis en for eksempel har søkelys på kun en av dimensjonene, kan dette redusere mulighetene til å oppnå bærekraft langs de andre dimensjonene (Alexander m.fl., 2020; Hale m.fl., 2019).

Bardalen m.fl. (2020) er en av få norske studier som omhandler det norske matsystemet og kriterier for bærekraftig produksjon. Av ulike verktøy som utgangspunkt for bærekraftsvurderinger i primærproduksjonen foreslår de bruk av FAO's SAFA (Sustainability Assessment for Food and Agriculture). SAFA har et bredt perspektiv på bærekraft ved å inkludere verdikjeder både i jordbruk, skogbruk og fiskeri og i tillegg inkluderes styringsdimensjonen som fundament for bærekraftig utvikling (FAO, 2014). Verdikjedeaktører som blir inkludert er leverandører av innsatsfaktorer, primærproduksjon, og aktører til endelig salg til forbruker, dvs. konsumenter er ikke med som del av verdikjeden i analysene.

Ifølge Bardalen m.fl. (2020) var FAOs utgangspunkt at bærekraftkonseptet manglet rammeverk og verktøy for beslutningsstøtte og analyse av bærekraftsvurderinger i mat- og jordbrukssystemer. FAOs ambisjon var å etablere et felles begrepsapparat for

---

<sup>19</sup> <https://www.un.org/en/our-work/support-sustainable-development-and-climate-action>

bærekraft i matproduksjon, basert på en metode for helhetlig tilnærming til bærekraftig utvikling, som inkluderer kompleksiteten og relasjonene mellom bærekraftdimensjoner. SAFA-rammeverket tilbyr et fleksibelt verktøy med en konsistent struktur av undertemaer og standardindikatorer. Fokus er på forsyningskjeder og evaluering av produksjonssystemer, der vurderingen inkluderer prosesser – som er en del av produksjon eller distribusjon – som gir betydelig innvirkning på bærekraft i omgivelsene og samfunn – og som den vurderte enheten har kontroll over eller har betydelig innflytelse på, med hensyn til økonomiske, miljømessige og operative retningslinjer og praksis. For hver av de fire bærekraftdimensjonene skisserer SAFA viktige elementer i bærekraft for å beskrive tilstand og utvikling i mat- og jordbrukssystemers bærekraft.

I tillegg til de tre dimensjonene som tradisjonelt trekkes fram, blir også en fjerde dimensjon, styringsmessig bærekraft, i økende grad vektlagt i studier av bærekraft (Bardalen m.fl., 2020; Cruz m.fl., 2018). Ifølge Bardalen m.fl. (2020) kan styringsmessig bærekraft forstås som god styring og institusjonell kapasitet der styring er en forutsetning for utvikling av den institusjonelle kapasiteten som trengs for målrettet og kunnskapsbasert utvikling mot en bærekraftig tilstand (Bardalen m.fl., 2020). Det kan tegnes et bilde av bærekraftsdimensjonene der sosial, miljømessig og økonomisk bærekraft representerer pilarene i konstruksjonen, mens den styringsmessige bærekraften representerer grunnmuren (Barentswatch, u.d). Hvis grunnmuren er dårlig, vil det skape ubalanse mellom pilarene og svekke «konstruksjonen» og dermed begrense muligheten for en balansert og helhetlig bærekraftig samfunnsutvikling. Viktigheten av å inkludere styringsmessig bærekraft er svært synlig i utvikling av nye verdikjeder for fôr, særlig hvor nye naturressurser tas i kommersiell bruk. En slik utvikling vil blant annet kreve god styring på alle nivåer og samspill mellom disse, samt ansvarlige og stabile regulatoriske regimer og teknologier som gjør utvikling mulig og bidrar til å hindre negative effekter med tanke på bærekraft.

## **6.1 Klima og miljømessig bærekraft**

Blant FNs bærekraftsmål er det særlig mål nr. 13 Stoppe klimaendringene, mål nr. 14 Livet i havet og mål nr. 15 Livet på land som dekker opp klima og miljø. Men det er også viktige miljøaspekter knyttet til andre bærekraftsmål ved at miljø er et premiss for hvordan de gjennomføres. Det gjelder for eksempel produksjon av rein energi (bærekraftsmål nr. 7) og ansvarlig forbruk og produksjon (bærekraftsmål nr. 12).

I forbindelse med fôr og bruk av ulike typer fôringredienser er det behov for å konkretisere måter å vurdere klima- og miljømessig bærekraft på. Hvis nye fôringredienser skal tas i bruk bør det baseres på kunnskap om hvor bærekraftig en slik bruk vil være, og hva som skal til for eventuelt å gjøre bruken mer bærekraftig. De nye fôringrediensene må vurderes opp mot de ingrediensene som er i bruk.

Bærekraft blir ofte i utgangspunktet knyttet til de miljømessige aspektene. I Sustainability Assessment for Food and Agriculture (SAFA) er tema som atmosfære, vann, jord og areal, biodiversitet, material- og energibruk og dyrevelferd knyttet til miljømessig bærekraft (Bardalen m.fl., 2020; FAO, 2014). Videre vil vi også knytte klimaendringer og tiltak for å begrense disse til denne dimensjonen av bærekraft. Ifølge temaene i SAFA er viktige faktorer å se på i forbindelse med fôrproduksjon slikt som klimagassutslipp, avrenning til vann og påvirkning på vannkvalitet, jordarealer og utvikling av disse, inklusive kvalitet på jordsmonnet, hvordan biologisk mangfold blir påvirket, bruk av materialer, grad av gjenbruk og sirkularitet, energibruk og husdyrenes velferd (Bardalen m.fl., 2020).

For Norge er det fastsatt 24 mål for miljøet, som vi kan forutsette dekker opp klima- og miljømessig bærekraft. Det er også utviklet og tatt i bruk 83 indikatorer som det vurderes status og utvikling for.<sup>20</sup> Disse indikatorene vil i større eller mindre grad være relevante for fôrproduksjon, men det er et naturlig utgangspunkt. I tillegg kan det også vurderes å bruke SAFAs standardindikatorer. Felles for begge disse indikatorsettene er at de er utviklet for å brukes på sektor- eller makronivå. Det kan være tilstrekkelig i vurdering av fôrsystemet samlet sett, men for mer spesifikke fôrproduksjoner og ingredienser vil det antakelig være behov for mer detaljerte indikatorer. Vi antar også at det vil være behov for et begrenset antall indikatorer når behovet er å sammenligne ulike fôrproduksjoner og fôringredienser med hverandre. Dette vil kreve nærmere vurdering og undersøkelse.

Særlig hvis nye fôringredienser utvikles på grunnlag av bruk av hittil ikke utnyttede naturressurser er det nødvendig å vurdere den klima- og miljømessige bærekraften. Høsting av naturressurser som ikke har vært høstet av mennesker før er inngripen i etablerte økosystemer og vil påvirke dette. Videre vil oppskaleringer av dyrking også kunne påvirke omgivelsene, dog vil en ha mer kontroll med selve produksjonen.

Det er viktig å understreke at bærekraftig utvikling ikke kan vurderes ut fra en enkelt indikator eller kan vurderes isolert for hver enkelt dimensjon av bærekraft. Bardalen m.fl. (2020) peker på i sin litteraturgjennomgang at de har funnet en bred erkjennelse av dette.

Et annet poeng å trekke fram er de interne målkonfliktene vi kan finne. Dette kan være mellom dimensjonene, men også innad i miljødimensjonen. Bardalen m.fl. (2020) peker på at mål for utslipp til atmosfære (luft) og vann sammen med biodiversitet er de temaene innen miljødimensjonen som har fått mest oppmerksomhet. Det er også her vi kan registrere at det er eller kan være konflikter mellom mål. Et eksempel er

---

<sup>20</sup> <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/>

beiting, som øker biodiversiteten, og hold av drøvtyggere som er beitedyr, men som har høyere klimagassutslipp.

For alle bærekraftsdimensjonene gjelder at en er avhengig av data for å kunne si noe om hvordan tilstanden er. For at indikatorene skal gi et korrekt bilde av status og utvikling, må det være data tilgjengelig, eller de må kunne framskaffes, for de fôringrediensene som skal sammenlignes. Dette er en utfordring. Noen fôringredienser er godt etablert, mens andre ennå er svært umodne ut fra en industriell produksjon. Det kan dermed bli vanskelig å få gode målinger og verdier for indikatorer, slik at i noen tilfeller må mer skjønnsmessige vurderinger legges til grunn, og i andre tilfeller også en påpeking hvor det trengs mer data og forskning før bærekraften kan vurderes.

## 6.2 Økonomisk bærekraft

I forbindelse med fôr og bruk av ulike typer fôringredienser er det behov for å forstå hva økonomisk bærekraft kan være, hvordan det kan måles og hvordan den kan forbedres. Nye fôringredienser må her vurderes opp mot ingredienser som er i bruk og på dette området finner vi relativt få studier, se Cadillo-Benalcazar m.fl. (2020) og gjennomgangen i Bardalen m.fl. (2020).

Økonomisk bærekraft handler om såkalt økonomisk aktivitet og bruk av knappe ressurser (økonomisering) på en slik måte at dette ikke går utover naturens tåleevne og kommende generasjoners muligheter til å få dekket sine behov. Slik FN (2022) definerer dette, handler dette om økonomisk trygghet for mennesker og samfunn, fattigdom og ulikhet samt om økonomisk vekst kan være grønn eller innenfor naturens tåleevner. Med økonomisk aktivitet menes enhver virksomhet som tilbyr varer og tjenester mot betaling i et marked. Aktiviteten innebærer bruk av arbeidskraft, naturressurser og kapital for å produsere varer og tjenester for å tilfredsstille folks behov (Bardalen m.fl., 2020).

Økonomisk vekst er gjerne et mål i de fleste lokalsamfunn og nasjoner, uavhengig av om man er rik eller fattig i utgangspunktet. All økonomisk aktivitet bruker ressurser, og slik vil det være ved produksjon av nye fôringredienser også. De store spørsmålene er i hvilken grad veksten kan være grønn, dvs. basert på fornybare ressurser og innenfor ytre ressursgrenser. Fagretningen Økologisk økonomi er særlig opptatt av det siste, og er kritisk til videre økonomisk vekst i sin helhet (Jakobsen, 2017). Grossmann m.fl. (2021) kan nevnes som kritiker av bærekraftbegrepenes mange dimensjoner og manglende effekt på reelle handlinger, og foreslår heller å samle seg om dimensjonene sosial-økologisk på den ene siden mot økonomien på den andre.

I sin gjennomgang peker FN (2022) på at de som ser på økonomisk vekst som en del av problemet, peker på at selv «grønn» vekst som regel rammer naturen, at vekst drives av kapitalismens søken etter mer penger (som ikke tar hensyn til naturen), og at vekst

uansett ikke kan øke i det uendelige. Andre er mer optimistiske med tanke på muligheter for bærekraftig økonomisk utvikling, og at ressursbruk og klimautslipp kan reduseres i hvert fall i de rikeste landene, der forbruket er størst (FN, 2022).

Økonomisk bærekraft kan sies å gi mest mening på samfunnsnivå fordi det er det samlede trykket på naturens tåleevne som er i fokus. Samtidig så er jo det samlede trykket ikke noe annet enn en summering av hver enkelt av oss sine fotavtrykk. Vi finner her lite forskning om økonomisk bærekraft på ulike nivå som enkeltaktører, lokalsamfunn, nasjoner og det globale samfunn.

Bardalen m.fl. (2020) er en av få grundige rapporter om eksisterende kunnskapsgrunnlag. Her beskrives at økonomisk bærekraft forutsetter at investeringer, økonomisk robusthet, produktkvalitet og lokal økonomi opprettholdes på et nivå som sikrer kontinuiteten i produksjonen og opprettholder de sosiale systemer som må fungere for at matsikkerheten er oppfylt for alle, et mål som blir betraktet som grunnleggende. Bardalen m.fl. (2020) beskriver videre bærekraftsmål og tilhørende indikatorer for FAO's SAFA, og foreslår også indikatorer innen investeringer, sårbarhet, produktkvalitet og lokal økonomi. Disse gjentar vi ikke her, men peker heller på at det gjenstår å se hvordan man kan bruke slike indikatorer i praksis for å understøtte bærekraftig utvikling. Om man f.eks. skal produsere flere fôringsredienser i Norge, har dette konsekvenser på ulike nivå i ulike deler av verden. Mest mulig helhetlige analyser er her helt nødvendig for å forstå bærekraften ved den økonomiske utviklingen.

### **6.3 Sosial bærekraft i nye verdikjeder for fôr**

I forhold til økonomisk og miljømessig bærekraft har som nevnt sosial bærekraft blitt lite vektlagt i forskning (Toussaint m.fl., 2021; Boström, 2021; Missimer m.fl., 2016; Segerkvist m.fl., 2020). Årsakene som nevnes er blant annet at det er vanskelig å kvantifisere sosial bærekraft og det mangler en enhetlig sosial teori (Toussaint m.fl., 2021), det er ikke opplagt hva sosial bærekraft egentlig betyr og definisjoner er ofte avhengige av konteksten og farget av den som uttaler seg (Boström, 2021; Missimer m.fl., 2016). På grunn av dette er det ingen universell akseptert definisjon av sosial bærekraft. Likevel har vi sett et økt søkelys på sosial bærekraft og dennes rolle i utvikling av bærekraftige samfunn de siste årene (Desiderio m.fl., 2022). Årsaker til økt oppmerksomhet er blant annet etablering av «The European Green Deal» som vektlegger den sosiale pilaren (European Commission, u.d.) der EU's ønske om å definere bærekraftsindikatorer og utvikle et mer bærekraftig matsystem er tilpasset bærekraftsmål foreslått av Agenda 2030 (FN, u.d.)

Når det gjelder sosial bærekraft koblet til mulige nye verdikjeder for fôr, finnes lite litteratur på dette da slike verdikjeder i liten grad er utviklet kommersielt. De fleste fôrkildene som nevnes i denne rapporten, er beskrevet som en mulig ny fôrkilde der



flere ennå er på et teststadium. Andre har kommet til en testing av fôrressursen, som grasprotein, mens bruk av insekter som proteinkilde er i ferd med å skaleres opp til industriell produksjon også i Norge. Vi ser med andre ord at de verdikjedene hvor potensialet kan utvikles, er på svært ulike stadier. Videre ser vi at de baseres på svært ulike fôrkilder (fra jordbruk, skogbruk, hav og insekter), noe som sannsynligvis vil medføre at noen elementer av sosial bærekraft vil være forskjellig i de ulike verdikjedene og sektorene. Vi har derfor gått gjennom litteratur som studerer sosial bærekraft med tilhørende indikatorer koblet til matsystemet og verdikjeder for mat, havbruk, biobaserte verdikjeder, og lokalsamfunn, da vi mener alle disse kan ha med relevante aspekter og indikatorer knyttet til nye verdikjeder for fôr.

Selv om flere studier innlemmer den sosiale dimensjonen i forskning, mangler fortsatt et generelt og sammenhengende rammeverk for å forstå sosial bærekraft (Hicks m.fl., 2016; Eizenberg og Jabareen, 2017). Det trengs en videre utdyping av den sosiale dimensjonen og forbedrede verktøy for å måle ulike aspekter (Nadaraja m.fl., 2021). Når man snakker om verktøy, tenker man på policy instrument, programvare, rammeverk, eller metoder som bruker indikatorer for å måle bærekraft. Disse indikatorene er ment som spesifikke, observerbare og målbare karakteristika som kan brukes til å vise endringer eller fremgang i forhold til mål om sosial bærekraft (Moldan m.fl., 2012).

Studier av sosial bærekraft i verdikjeder i jordbruket og i studier av leveringskjeder generelt, tar ofte for seg en enkelt gruppe av interessenter eller et trinn i en verdikjede (Olde m.fl., 2016; Najjar m.fl., 2020) slik at søkelys på den sosiale dimensjonen og påvirkning på interaksjon mellom interessenter langs hele verdikjeden mangler (Nadaraja m.fl., 2021). Flere har gjennomgått studier på sosial bærekraft i matvarekjeden og undersøkt hvilke sosiale bærekraftselementer og interessentkategorier som er undersøkt på ulike trinn i verdikjeden (Nadaraja m.fl., 2021; Desiderio m.fl., 2022). De fant at de fleste indikatorene var etablert på produksjonstrinnet og minst blant konsumenter. På grossist og detaljist-leddet har aktørene utviklet egne system for vurdering av sosial bærekraft gjennom utvikling av «Responsible social assessment» kriterier som grunnlag for «Corporate Social Responsibility».

Basert på SAFA sitt rammeverk som er nevnt foran, handler sosial bærekraft om følgende grunnleggende menneskelige behov samt kulturelle- og økonomisk verdiskapning, der landsbygdas institusjonelle, økonomiske og sosiale utvikling sees i sammenheng. Jordbrukets ressurser, produksjoner og forutsetninger gir grunnlag for et godt liv med gode etiske verdier. Følgende temaer og undertema dekkes av sosial bærekraft der Bardalen m.fl. (2020) har tilpasset disse til norske forhold:

- Anstendige levekår, med undertema: livskvalitet, kapasitet for utvikling og støtte i sårbare situasjoner

- Rettferdig handel, med undertema: rettferdige forutsetninger for norske produksjon, rettferdige forutsetninger for utviklingsøkonomier, rettferdige og stabile priser og fair trade
- Arbeidstakers rettigheter, med undertema: skriftlige arbeidsforhold, bo- og arbeidsforhold, ansattes organisasjonsfrihet og rett til forhandlinger
- Likhet og likeverd, med undertema: ubetalt arbeid, deltagelse og grønn omsorg
- HMS, med undertema: trygt arbeidsmiljø og fysisk helse, psykisk helse og folkehelse
- Kulturelt mangfold, med undertema: samiske tradisjoner og rettigheter, lokale tradisjoner.

Andre studier har foreslått en rekke andre tema som kan være relevante for nye verdikjeder for fôr. Et eksempel er dyrevelferd (Bos m.fl., 2009; Maloni and Brown, 2006) som er koblet til konsumenters tanker og følelser som gjelder dyr og som for eksempel kan ha betydning for insekter som fôrkilde. I flere studier er det lagt vekt på bygdeutvikling som del av sosial bærekraft (Hofstad, 2021; Segerkvist m.fl., 2020), mens andre også inkluderer «resilience» som er evnen et samfunn har til å håndtere og tilpasse seg endringer (Magis, 2010; Segerkvist m.fl., 2020). Etablering av nye verdikjeder for fôr kan påvirke lokalsamfunnet på ulike måter og bør være en viktig dimensjon ved sosial bærekraft. Grunnlag for bosetting og lokalsamfunnsutvikling er et element i dette. Bidrag til en sirkulær økonomi blir nevnt i noen studier, for eksempel Toussaint m.fl. (2020), som kan være svært relevant i utvikling av nye ingredienser til fôr, samt matsvinn (De Menna m.fl., 2016) – som i vårt tilfelle først og fremst kan relateres til fôr-svinn. Et annet forhold er fôrsikkerhet som også henger nært sammen med matsikkerhet. Når det gjelder nye typer fôr vil også holdninger til dette og aksept i samfunnet være en viktig faktor å ta hensyn til (Rafiaani m.fl., 2018). Som nevnt er det andre dimensjoner av sosial bærekraft som kan være aktuelle for nye verdikjeder for fôr i tillegg til dem som det er satt søkelys på i Bardalen m.fl. (2020). Det er behov for videre konkretisering av dette og empiriske studier.

## 7. Oppsummering

Det er både fra politisk hold og fra næringssektorene ambisjoner om at volumet av norsk fôr til havbruk og til husdyr i jordbruket må økes. Begrunnelsen er både vekstambisjoner i havbruket og at andelen norskprodusert fôr må økes mer generelt. Det siste poenget er knyttet til at en ønsker mindre bruk av soya som er knyttet til klimakonsekvenser som følge av stort press mot reduksjon av regnskog i Sør-Amerika. I senere tid er også spørsmålet om beredskap og matsikkerhet kommet mer på dagsorden. I sum gir dette også en markedsmulighet for bruk av norske bioressurser. Kan norsk jordbruk bli en fôrleverandør til havbruk hvor vekstambisjoner og muligheter er store?

Gjennomgangen i denne rapporten viser at det er store mengder ressurser som potensielt kan bli viktige ingredienser i fôr til husdyr på land og til fiskeoppdrett. Utvikling og oppskalering av nye fôrkilder, og ny eller økt utnyttelse av allerede godt kjente råvarer, vil kunne få konsekvenser på tvers av fôrsystemet. Det er et behov for å se produksjon av ulike fôrressurser i sammenheng. Vertikale sammenhenger i produksjons- og verdikjeder er kjent, fra produksjon til forbruk, men nye fôringredienser vil skape nye kjeder og åpne og forsterke relasjoner på tvers av eksisterende verdikjeder, bransjer og sektorer.

Fôrproduksjon handler om bruk av arealer og biomasse, og dette medfører nødvendigvis avveininger om hvilken type bruk som skal prioriteres hvor, til hvilke priser og konsekvenser og til hvilke formål. Dette avgjøres blant annet av politiske, økonomiske, teknologiske, agronomiske, økologiske og miljømessige faktorer. Vi inkluderer også sosiale faktorer, og sosial bærekraft bør løftes i diskusjonen om morgendagens mat- og fôrsystem. Det vil her bli en avveining mellom markedets tilbud og etterspørsel og regulering av feltet. Forskningens oppgave er å framskaffe mest mulig kunnskap om dette. På det grunnlaget kan det foretas ulike politiske avveininger.

Det er mange alternative bioressurser med varierende grad av potensial både når det kommer til tilgjengelig volum av ressurser og mulig teknologi for høsting, produksjon og prosessering. En del av råvarene vi har presentert i denne oversikten krever teknologisk utvikling, for eksempel på innhøsting/fangst. Andre råvarer krever utvikling når det gjelder effektivisering av prosesseringsmetoder for å kunne redusere kostnadene. I tillegg er det andre barrierer som bremser utviklingen av en del potensielle fôrråvarer, slik som insekter fôret på avfall av frykt for spredning av bakterier. Slike barrierer kan være begrunnelse for reguleringer som stopper for ny bruk. Det kan være grunnlag for å vurdere slike reguleringer på nytt og vurdere hvordan reguleringenes begrunnelse kan imøtekommes. Nye råvarer trer inn i en konkurranse med til dels sterkt etablerte, effektive verdikjeder, og vurderes følgelig opp mot disse fôrråvarene i bl.a. pris, næringsinnhold, og tilgjengelighet. En økt

oppmerksomhet på fôrressurser og bærekraft gjør at også dette aspektet blir et viktig kriterium for å vurdere fôrråvarer opp mot hverandre. Vår vurdering er at flere av fôrråvarene som er nevnt i gjennomgangen i denne rapporten vil bli viktige i fremtidens fôrsystem. Et mangfold av alternative fôrressurser og produksjonskjeder vil være viktig for stabil forsyning og for å unngå overhøsting av enkelte råvarer. Et mangfold av fôrkilder vil kunne øke robustheten og samtidig gi varierte produksjonstyper. Men konkret hvilke kilder som kan bringe hvor store volum av fôringredienser, og hvor bærekraftig utvikling av disse vil være sammenlignet med de eksisterende ingrediensene som er i bruk, det vet vi for lite om i dag til å kunne fastslå. Det er gjort anslag, uten at dette alene gir grunnlag for å beslutte om en skal satse eller ikke. Det foregår arbeider med en rekke kilder for tida, og disse prosessene er i seg selv en studie verdt.

Det mangler ikke på initiativer for utvikling av nye fôrråvarer. Viktige drivere her er vekstambisjoner i lakseoppdrett og arbeidet med å redusere klimagassutslipp. Krigen i Ukraina og langt mer ustabil situasjon om denne regionens evne til å produsere korn for verdensmarkedet har også forsterket oppmerksomheten om matvaresikkerhet og nasjonal produksjonsevne. Hvorvidt matvaresikkerhet vil føre til nye politiske grep er ennå for tidlig å si.

Spørsmålet om økt fôrproduksjon på norske ressurser var før krigen i Ukraina løftet opp til det politiske nivået i Norge. I Støre-regjeringens plattform står at de vil: «Stimulere til bærekraft gjennom et eget program for produksjon av bærekraftig fôr basert på norske ressurser, sette mål om at alt fôr til havbruksnæringen skal være fra bærekraftige kilder innen 2030 (...) (Hurdalsplattformen, 2021, s. 24). Videre vil Støre-regjeringen også ha som mål å «øke sjølvforsyningsgrad av norske jordbruksmatvarer, korrigert for import av fôrråvarer, på 50 prosent» (s. 18). Det blir behov for mer norskbasert fôr.

I dette arbeidet vil det være helt nødvendig med en god forståelse av hvordan ulike verdikjeder for fôr fungerer i det komplekse samspillet, hvilke muligheter som fins for å optimalisere utnyttelsen av sidestrømmene av bioressurser, hvilke behov ulike produksjoner har for ulike fôrråvarer og hvordan bærekraft (klima- og miljømessig, økonomisk, sosialt og styringsmessig) ivaretas i nye og gamle produksjonskjeder fôr og i fôrsystemet i sin helhet. For å oppnå dette må kompetanse på tvers av hav og land, teknologi og agronomi, samfunn og marked gå sammen for å finne gode løsninger for fremtidens fôrsystem.

Vår oppfatning er at sterke forskningsmiljø, gode tradisjoner og metoder for statistikkproduksjon og en relativt åpen delingskultur av informasjon og kunnskap i Norge gjør at det generelt er gode data innenfor hver enkelt verdikjede når det kommer til total mengde ressurser og utvikling over tid. For mange av de såkalte nye potensielle fôringrediensene gjenstår ennå en god del forskning før en vet hva

potensialet kan være, inklusive en vurdering av bærekraft i alle dimensjoner. Det siste omfatter også hvordan dette kan gjøres økonomisk konkurransedyktig med en industriell produksjon.

Når det kommer til forståelsen av fôrproduksjon på tvers av matsystemet ved å knytte flere bioressursers tilgjengelighet, utnyttelse og potensial sammen, mener vi det er en del å gå på. Dette gjør det for eksempel vanskeligere å finne mulige synergier og konflikter i areal- og ressursbruk, noe som er nødvendig for å utvikle et bærekraftig fôrsystem. Derfor trengs det analyser som skaper en oversikt over sammenhengene og setter de ulike delene av det norske fôrsystemet sammen til en helhet. Dette krever at kunnskapsmiljø og bedrifter både i blå og grønn sektor og på ulike steder i verdikjedene for fôr sammen søker en bedre forståelse av de mulighetene og barrierene som skapes på tvers av sektorer og på tvers av verdikjeder hvor fôr er involvert.

## Referanser

- Aas, T. S., Ytrestøyl, T., & Åsgård, T. (2019). *Resource utilization of Norwegian salmon farming in 2016* (26). Nofima.
- Aas, T. S., Ytrestøyl, T., & Åsgård, T. (2022) *Utnyttelse av fôrressurser i norsk oppdrett av laks og regnbueørret i 2020. Faglig sluttrapport*. <https://hdl.handle.net/11250/2977260>
- Aasen, I. M., Ertesvåg, H., Heggeset, T. M. B., Liu, B., Brautaset, T., Vadstein, O., & Ellingsen, T. E. (2016). Thraustochytrids as production organisms for docosahexaenoic acid (DHA), squalene, and carotenoids. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(10), 4309–4321. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7498-4>
- Abrahamsen, U., Uhlen, A. K., Waalen, W., & Stabbetorp, H. (2019). *Muligheter for økt proteinproduksjon på kornarealene* 5(1). <http://hdl.handle.net/11250/2605814>
- Acién, F. G., Fernández, J. M., Magán, J. J., & Molina, E. (2012). Production cost of a real microalgae production plant and strategies to reduce it. *Biotechnology Advances*, 30(6), 1344–1353. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2012.02.005>
- Agboola, J., Øverland, M., Skrede, A., & Øvrum Hansen, J. (2020). Yeast as major protein-rich ingredient in aquafeeds: a review of the implications for aquaculture production. *Reviews in Aquaculture*. <https://doi.org/10.1111/raq.12507>
- Ahlstrøm, A., Bjørkelo, K., & Frydenlund, J. (2014). *AR5 klassifikasjonssystem—Klassifisering av arealressurser*. I 38. Norsk institutt for Skog og landskap. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2440173>
- Alexander, K. A., Amundsen, V. S., & Osmundsen, T. C. (2020). 'Social Stuff' and All That Jazz: Understanding the residual category of social sustainability. *Environmental Science and Policy*, 112, 61-68.
- Almås, K. A., Josefsen, K., Gjøsund, S. H., Skjermo, J., Forbord, S., Jafarzadeh, S., Sletta, H., Aasen, I., Hagemann, A., Chauton, M. S., Aursand, I., Evjemo, J. O., Slizyte, R., Standal, I. B., Grimsmo, L., & Aursand, M. (2020). *Bærekraftig fôr til laks 01128*. SINTEF.
- Almås, K. A. and M. Aursand (2019). *Biobaserte verdikjeder - Veikart for fremtidens næringsliv*. Trondheim, SINTEF.
- Animalia (2020). *Kjøttets tilstand 2020. Status i norsk kjøtt og eggproduksjon*. <https://www.animalia.no/no/animalia/aktuelt/kjottets-tilstand-2020/>
- Aspevik, T., Oterhals, Å., Rønning, S. B., Altintzoglou, T., Wubshet, S. G., Gildberg, A., Afseth, N. K., Whitaker, R. D., & Lindberg, D. (2017). Valorization of Proteins from Co- and By-Products from the Fish and Meat Industry. *Topics in Current Chemistry*, 375(3), 53. <https://doi.org/10.1007/s41061-017-0143-6>
- Bardalen m.fl. (2020). *Bærekraft I det norske matsystemet. Kriterier for norsk matproduksjon*. Fagrapport. NMBU, Ås.

- Barentswatch (u.d) Bærekraft. Hentet 21.02.2022 fra:  
<https://www.barentswatch.no/havbruk/barekraft>
- Bayr, U., Strand, G.-H., & Dramstad, W. (2020). *Indikatorer for landbruk over hele landet - Utvikling av en metode for resultatkontroll av landbrukspolitiske mål* 6(65). NIBIO. <https://hdl.handle.net/11250/2652631>
- Bellona. (2021). *Råvareløftet. Fôr for framtida - en ny næring tar form*. Bellona. Hentet 05.01.2022 fra: <https://bellona.no/publication/nytt-magasin-ravareloftet>
- Benemann, J. (2013). Microalgae for Biofuels and Animal Feeds. *Energies*, 6(11), 5869–5886. <https://doi.org/10.3390/en6115869>
- Berger, M., & Haukås, T. (2020). *Økonomien i jordbruket på Vestlandet 2018. Trendar og utvikling 2009-2018. Tabellsamling 2014-2018* 6(24). NIBIO. <http://hdl.handle.net/11250/2644060>
- Berger, M., Kårstad, S., & Haukås, T. (2020). *Økonomien i jordbruket i Agder-fylka og Rogaland 2018. Trendar og utvikling 2009-2018. Tabellsamling 2014-2018* 6(27). <http://hdl.handle.net/11250/2644062>
- Bergseng, E., Hauglin, M., & Borges, P. (2018). *Ressursoversikt og prognoser for framtidig virkestilgang fra SR16* 4(116). NIBIO. <http://hdl.handle.net/11250/2567912>
- Bondebladet (2021) Kjøttbeinmel blir lov igjen. Hentet 21.10.2021 fra:  
<https://www.bondebladet.no/article/kjottbeinmel-blir-lov-igjen/>
- Bos, A.P., Groot Koerkamp, P.W.G., Gosselink, J.M.J., Bokma, S. (2009). Reflexive Interactive Design and Its Application in a project on Sustainable Dairy Husbandry System. *Outlook on Agriculture*, 38 (2), 137-145.
- Boström, Magnus., (2012). A Missing Pillar? Challenges in Theorizing and Practicing Social Sustainability: Introduction to the Special Issue. *Sustainability: Science, Practice, and Policy*. 8 (1), 3–14.
- Brouwer, I. D., m.fl. (2020). Food systems everywhere: Improving relevance in practice. *Global Food Security*. 26.
- Brown, N., Eddy, S., & Plaud, S. (2011). Utilization of waste from a marine recirculating fish culture system as a feed source for the polychaete worm, *Nereis virens*. *Aquaculture*, 322–323, 177–183. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.09.017>
- Budsjettnemnda for jordbruket. (2020). Resultatkontroll for gjennomføring av landbrukspolitikken.
- Cai, J., Lovatelli, A., Aguilar-Manjarrez, J., Cornish, L., Dabbadie, L., Desrochers, A., Diffey, S., Garrido Gamarro, E., Geehan, J., Hurtado, A., Lucente, D., Mair, G., Miao, W., Potin, P., Przybyla, C., Reantaso, M., Roubach, R., Tauati, M. & Yuan, X. (2021). *Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development*. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1229. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb5670en>

- Cadillo-Benalcazar, J. J., Giampietro, M., Bukkens S. G. F., Strand R. (2020) Multi-scale integrated evaluation of the sustainability of large-scale use of alternative feeds in salmon aquaculture, *Journal of Cleaner Production*, 248, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119210>.
- Caporgno, M. P., & Mathys, A. (2018). Trends in Microalgae Incorporation Into Innovative Food Products With Potential Health Benefits. *Frontiers in nutrition*, 5, 58. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00058>
- Cruz, J.F., Mena, Y., & Rodriguez-Estévez, V. (2018). Methodologies for Assessing Sustainability in Farming Systems. I: S. Gokten & P.O. Gokten, Sustainability Assessment and Reporting (s. 33- 58). London: IntechOpen. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.79220>
- Davis, R., Aden, A., & Pienkos, P. T. (2011). Techno-economic analysis of autotrophic microalgae for fuel production. *Applied Energy*, 88(10), 3524–3531. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.04.018>
- Desiderio m.fl. (2022). Social sustainability tools and indicators for the food supply chain: A systematic literature review. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 527-540.
- Dobermann, D., Swift, J. A., & Field, L. M. (2017). Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed [Review]. *Nutrition Bulletin*, 42(4), 293-308. <https://doi.org/10.1111/nbu.12291>
- Dombu, S. V., Bardalen, A., Strand, E., Henriksen, B., Lamprinakis, L. (2021) *Norsk matsikkerhet og forsyningsrisiko*. NIBIO: Ås. <https://hdl.handle.net/11250/2767673>
- Dou, Z., Toth, J. D., & Westendorf, M. L. (2018). Food waste for livestock feeding: Feasibility, safety, and sustainability implications. *Global Food Security*, 17, 154-161. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.12.003>
- DTU. (u.d.). *InnoGrass: Bæredyktig anvendelse af protein fra grøn biomasse til fødevarer*. DTU. Hentet 21.12.2021 fra <https://orbit.dtu.dk/en/projects/innograss-b%C3%A6redygtig-anvendelse-af-protein-fra-gr%C3%B8n-biomasse-til--2>
- Eidem, B. (2020). *Forstudie: Nasjonal og global tilgang på fôrråvarer til akvakultur* 5(20). Oslo, Ruralis Utredning.
- Eidem, B. & Melås, A. (2021) Oversikt over norsk og global akvakultur og akvafôr. 6 (21). Oslo, Ruralis Utredning.
- Eidem, B. (2017). *Matsikkerhet og internasjonale markeder*. 8 (17) Oslo, Ruralis Utredning.
- EIP-AGRI. (2014). *EIP AGRI Focus group protein crops: final report*. [https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/fg2\\_protein\\_crops\\_final\\_report\\_2014\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/fg2_protein_crops_final_report_2014_en.pdf)
- Eizenberg, E., & Jabareen, Y. (2017). Social Sustainability: A New Conceptual Framework. *Sustainability*, 9(1), 68.



- Emblemsvåg, J., Kvalsheim, N. P., Halfdanarson, J., Koesling, M., Nystrand, B. T., Sunde, J., & Rebours, C. (2020). Strategic considerations for establishing a large-scale seaweed industry based on fish feed application: A Norwegian case study. *Journal of Applied Phycology*, 32(6), 4159–4169. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02234-w>
- Enzing, C., Ploeng, M., Barbosa, M. og Sijtsma, L. Ed. Vigani, M, Parisi, C og Cerezo, E.R. (2014). *Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe*. European Commission. JRC Scientific and Policy Reports. doi: 10.27913339.
- European Commission (u.d.) A European Green Deal. Hentet fra: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)
- Evjemo, J.O. (2007). *Kjemiske analyser av Gammarus oceanicus*. SINTEF Rapport SFH80 F072014 (fortrolig rapport).
- Evjemo, J.O. (2011). *Pilotproduksjon av Gammaridaer*. SINTEF Rapport SFH80 F18977 (fortrolig rapport).
- FAO. (2020, 06.10). *The Mesopelagic Fish Guide: shedding light on 550 fish species in one of the largest ecosystems on earth*. FAO. Hentet 13.10.2021 fra <https://www.fao.org/in-action/eaf-nansen/news-events/detail-events/en/c/1311820/>
- FAO (2014). *Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems: SAFA Guidelines, version 3.0*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Hentet fra: <http://www.fao.org/3/a-i3957e.pdf>
- FAO (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action*. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- Fiskeridirektoratet (u.d. a) Akvakulturstatistikk: alger. Hentet 25.03.2022 fra: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Alger>
- Fiskeridirektoratet (u.d. b) Akvakulturstatistikk. Hentet 02.05.2022 fra: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier>
- Flemsæter, F & Flø, B. E. (2021) *Utmark i endring*. Cappelen Damm Akademisk. <https://doi.org/10.23865/noasp.151>
- FN (u.d.) Sustainable Development Goals. Hentet fra: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>
- FN (2022) FNs bærekraftsmål. Hentet den 1.4.2022 fra: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling>
- Fog, E., Damgaard, I., Toft, L. V., & Hansen, M. D. (2020). *Vejen til en fremtid med grøntprotein i fødevarerne*. SEGES.
- FoodProFuture. (u.d.). *The project*. Hentet 18.12.2021 fra: <https://foodprofuture.no/the-project/>

- Forbord, M., H. Bjørkhaug, and R.J.F. Burton. 2014. "Drivers of change in Norwegian agricultural land control and the emergence of rental farming." *Journal of Rural Studies* 33, pp 9-19. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2013.10.009>.
- Fossier Marchan, L., Lee Chang, K. J., Nichols, P. D., Mitchell, W. J., Polglase, J. L., & Gutierrez, T. (2018). Taxonomy, ecology and biotechnological applications of thraustochytrids: A review. *Biotechnology Advances*, 36(1), 26–46. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2017.09.003>
- Future Farming. (2018). *Bioraffinering. Forretningsmuligheter for dansk landbrug*.
- Gaitán-Cremaschi, D., m.fl. (2019). Characterizing diversity of food systems in view of sustainability transitions. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 39(1). <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0550-2>
- Grabez, V., Egelanddal, B., Kjos, N., Håkenåsen, I., Mydland, L., Vik, J., Hallenstvedt, E., Devle, H., Øverland, M. (2020). Replacing soybean meal with rapeseed meal and faba beans in a growing-finishing pig diet: Effect on growth performance, meat quality and metabolite changes. *Meat Science*. 166. 108134. 10.1016/j.meatsci.2020.108134.
- Grossmann K, Connolly JJ, Dereniowska M, m.fl. From sustainable development to social-ecological justice: Addressing taboos and naturalizations in order to shift perspective. *Environment and Planning E: Nature and Space*. July 2021. doi:10.1177/25148486211029427
- Hale, J., Legun, K., Campbell, H., & Carolan, M. (2019). Social sustainability indicators as performance. *Geoforum*, 103, 47–55.
- Hansen, Ø. (2019). *Økonomien i jordbruket i Nord-Norge 2018* 5(175). NIBIO. <http://hdl.handle.net/11250/2635866>
- Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., & Fountoulaki, E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future [Review]. *Animal Feed Science and Technology*, 203(1), 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.03.001>
- Hicks, Christina C., Levine, Arielle, Agrawal, Arun, Basurto, Xavier, Breslow, Sara J., Carothers, Courtney, Charnley, Susan, m.fl., (2016). Engage Key Social Concepts for Sustainability. *Science* 352 (6281), 38–40.
- Hofstad, H. (2021). *Sosial bærekraftige lokalsamfunn – en litteraturstudie*, NIBR rapport 2021:7. OSLO MET.
- Hurdalsplattformen (2021) Hurdalsplattformen: For en regjering utgått fra Arbeiderpartiet og Senterpartiet (2021-2025). Hentet 20.02.2022 fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/cb0adb6c6fee428caa81bd5b339501b0/n/pdfs/hurdalsplattformen.pdf>
- Hua, K., Cobcroft, J. M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D. R., Mangott, A., Praeger, C., Vucko, M. J., Zeng, C., Zenger, K., & Strugnell, J. M. (2019). The Future of Aquatic Protein: Implications for Protein Sources in Aquaculture Diets. *One Earth*, 1(3), 316-329. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.018>

- Intern arbeidsgruppe Bondelaget. (2020). *Hvordan øke norskandelen i fôret?* Bondelaget.
- Jakobsen, O. (2017): *Transformative Ecological Economics. Process, Philosophy, Ideology and Utopia*. Routeledge 2017.
- Johansen, A., & Hjelkrem, A.-G. R. (2018). *Livsløpsanalyser av norsk svinekjøttproduksjon med og utan heimeprodusert grassaft som fôr*. 4(103). NIBIO.  
<http://hdl.handle.net/11250/2561071>
- Jones, S. W., Karpol, A., Friedman, S., Maru, B. T., & Tracy, B. P. (2020). Recent advances in single cell protein use as a feed ingredient in aquaculture. *Current Opinion in Biotechnology*, 61, 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.12.026>
- Kildahl, K. (2020) Ferske tal om norsk sjølforsyning. NIBIO. (15.05.2020). Hentet 20.05.2020 fra: <https://www.nibio.no/nyheter/ferske-tal-om-norsk-sjolforsyning>
- Klokeide, O. E. (2017, 19.03.2017). Høy avkastning og risiko forbundet med lysprikkfiske. *Fiskeribladet*. <https://www.fiskeribladet.no/nyheter/hoy-avkastning-og-risiko-forbundet-med-lysprikkfiske/8-1-51982>
- Koesling, M., Kvalsheim, N. P., Halfdanarson, J., Emblemsvåg, J., & Rebours, C. (2021). Environmental impacts of protein-production from farmed seaweed: Comparison of possible scenarios in Norway. *Journal of Cleaner Production*, 307, 127301.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127301>
- Landbruksdirektoratet. (2021). *Bruk av norske fôrressurser. Utredning av forbedring av virkemidler med sikte på økt produksjon og bruk av norsk fôr*. (10).
- Laupsa, M. (2015). *Spawning, settlement and growth of Ciona intestinalis in Øygarden, Hardangerfjorden and Kvitsøy*. Master of Science in Aquaculture Biology, Dept. of Biology, Univ. of Bergen.
- Lindberg, D., Aaby, K., Borge, G. I., Haugen, J.-E., Nilsson, A., Rødbotten, R., & Sahlstrøm, S. (2016). *Kartlegging av restråstoff fra jordbruket (in Norwegian). Mapping of residues from agriculture (in Norwegian)* (67). <http://hdl.handle.net/11250/2428846>
- Løes, A.-K., Bergslid, R., Hareide, N. R., Kjerstad, M., Midtbø, L. K., Pedersen, S. F., & Sæter, L. J. (2020). *Restråstoff i blå og grønne verdikjeder i Møre og Romsdal. Status og mulige bruksområder innen mat, fôr og gjødsel* 5(12).  
<https://orgprints.org/38574/1/NORS%C3%98K%20rapport%2012%202020%20Restr%C3%A5stoff.pdf?fbclid=IwAR390PssYp1L8M0EYebZSkbfH1HA5IZO-ZOarjXXetqCLUb8nXD4BSFEDUU>
- Lågbu, R., Nyborg, Å., Svenndgård-Stokke, S. (2018). *Jordsmonnstatistikk for Norge*. NIBIO rapport 4(13).

- Magis, K. (2010). Community Resilience: An Indicator of Social Sustainability. *Society & Natural Resources*, 23(5), 401–416. <https://doi.org/10.1080/08941920903305674>
- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- Maloni, M., and M.E. Brown. (2006). Corporate Social Responsibility in the Supply Chain: An Application in the Food Industry. *Journal of Business Ethics*, 68 (1), 35-52.
- Martínez, C., Mairet, F., & Bernard, O. (2018). Theory of turbid microalgae cultures. *Journal of Theoretical Biology*, 456, 190–200. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2018.07.016>
- Mathiesen, M. F. (2019). *På sporet av føret. Hvordan kan vi identifisere jordbruksareal som ikke er i drift?* 5(81) NIBIO. <http://hdl.handle.net/11250/2600823>
- Melås, A. (2019). *Den regionale arbeidsdelingen i landbruket og kanaliseringspolitikken mellom 1990 og 2017*. Ruralis rapport 10. Ruralis - Institutt for rural- og regionalforskning. [https://ruralis.no/wp-content/uploads/2019/11/rapport-10\\_19-den-regionale-arbeidsdelingen-i-landbruket-og-kanaliseringspolitikken-mellom-1990-og-2017-a-m--mels.pdf](https://ruralis.no/wp-content/uploads/2019/11/rapport-10_19-den-regionale-arbeidsdelingen-i-landbruket-og-kanaliseringspolitikken-mellom-1990-og-2017-a-m--mels.pdf)
- de Menna, D. F., Malagnino, R. A., Vittuari, M., Molari, G., Seddaiu, G., Deligios, P. A., Solinas, S., & Ledda, L. (2016). Potential Biogas Production from Artichoke Byproducts in Sardinia, Italy. *Energies*, 9(2), 92. <https://doi.org/10.3390/en9020092>
- Missimer, M., K.H.R. Ert., and G.O. Broman. (2016). A Strategic Approach to Social Sustainability e Part 1: Exploring the Social System. *Journal of Cleaner Production* <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.170>.
- Moldan, B., Janoušková, S., & Hák, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators*, 17, 4–13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.033>
- Myhre, M., Richardsen, R., Nystøyl, R., & Strandheim, G. (2021). *Analyse marint restråstoff 2020* (00633). <https://hdl.handle.net/11250/2767875>
- Nadaraja, D., Lu, C., & Islam, M. M. (2021). The Sustainability Assessment of Plantation Agriculture—A Systematic Review of Sustainability Indicators. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 892–910. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.12.042>
- Najjar, M., Small, M. H., & M. Yasin, M. (2020). Social Sustainability Strategy across the Supply Chain: A Conceptual Approach from the Organisational Perspective. *Sustainability*, 12(24), 10438. <https://doi.org/10.3390/su122410438>
- NIBIO. (2019a). *Arealbarometer*. NIBIO. Hentet 15.12.2021 fra: <https://arealbarometer.nibio.no/nb>
- NIBIO. (2019b, 16.05.2019). *MAFIGOLD*. Hentet 20.08.2021 fra: <https://www.nibio.no/prosjekter/mafigold>

- NIBIO. (n.d.). *ProRefine*. NIBIO. Hentet 16.02.2022 fra:  
<https://www.nibio.no/en/projects/prorefine>
- NIBIO. (u.d.). *Kilden*. <http://kilden.nibio.no>
- NHO Mat og Drikke (2021) Matsvinn. Hentet 03.11.2021 fra:  
<https://www.nhomd.no/politikk/en-barekraftig-mat--drikke--og-bionaring/matsvinn/>
- NMBU. (n.d.). *Foods of Norway*. Hentet 07.12.2020 fra:  
<https://www.foodsofnorway.net/about>
- NMBU. (2021a). Growing yeast from trees – first successful scale-up of microbial feed ingredients from sustainable resources. Hentet 29.11.2021 fra:  
<https://www.nmbu.no/en/news/node/43837>
- NMBU. (2021b). Insects grown on organic leftovers can become valuable fish feed. Hentet 29.11.2021 fra: <https://www.foodsofnorway.net/news/node/44453>
- Norsker, N-H., Barbosa, M.J., Vermuë, M.H. og Wijffels, R.H. (2011). Microalgal production – a close look at the economics. *Biotechnology Advances*, 29, 24-27
- Norsk Landbruk (2020) Tine vil satse på høyere norskandel. Hentet 01.02.2022 fra:  
<https://www.norsklandbruk.no/husdyr/tine-vil-satse-pa-hoyere-norskandel/>
- Nofima (2021) Millennial Salmon: Microalgae and insect meal for sustainable feed. Hentet 25.02.2022 fra: <https://nofima.com/projects/millennial-salmon/>
- Nygren, A. og Pleijel, F. (2015). Ringmaskar: Havsborstmaskar, Annelida: Polychaeta. *Art-Databanken, SLU, Uppsala*, 346.
- Olafsen, T., Winther, U., Olsen, Y., & Skjermo, J. (2012). *Verdiskaping basert på produktive hav*. Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/verdiskaping-basert-pa-produktive-hav-i-/id697596/>
- Olde, E. M., Oudshoorn, F. W., Sørensen, C. A. G., Bokkers, E. A. M., & de Boer, I. J. M. (2016). Assessing sustainability at farm-level: Lessons learned from a comparison of tools in practice. *Ecological Indicators*, 66, 391–404.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.047>
- Olive, P.J.W., Craig, S., Cowin, P.B.D. (2007) *Aquaculture of marine worms*. U.S. Pat. 7 156 048 issued Jan. 2, 2007.
- Ooms, M. D., Dinh, C. T., Sargent, E. H., & Sinton, D. (2016). Photon management for augmented photosynthesis. *Nature Communications*, 7(1), 12699.  
<https://doi.org/10.1038/ncomms12699>
- Palmer, P. J. (2010). Polychaete-assisted sand filters. *Aquaculture*, 306(1–4), 369–377.  
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.06.011>
- Pombo, A., Baptista, T., Granada, L., Ferreira, S.M., Gonçalves, S.C., Anjos, C., Sá, E., Chainho, P., Cancela da Fonseca, L. & Fidalgo e Costa, P. (2020). Insight into aquaculture's

- potential of marine annelid worms and ecological concerns: a review. *Reviews in Aquaculture*, 12, 107-121.
- Rafiaani, P., Kuppens, T., Dael, M. V., Azadi, H., Lebailly, P., & Passel, S. V. (2018). Social sustainability assessments in the biobased economy: Towards a systemic approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1839–1853.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.118>
- Rekdal, Y., & Angeloff, M. (2020). *Kjøttfe på utmarksbeite. Beiteressursar i soner for arealtilskot* 6(56). <https://hdl.handle.net/11250/2650257>
- Rekdal, Y., Angeloff, M., & Haugen, F.-A. (2018). *Kjøttfe på utmarksbeite. Rapport fra synfaring av beitet til 16 buskappar* 4(157). <http://hdl.handle.net/11250/2579819>
- Rekdal, Y., Angeloff, M., og Haugen, F.A. (2021). *Beiteressurser for husdyr i Inntrøndelag. Ressursgrunnlag i utmark og areal av innmarksbeite.* 7(102).  
<https://hdl.handle.net/11250/2757606>
- Rekdal, Y. (2013) *Beite i utmark – kvalitet og kapasitet.* BioforskFOKUS (8)2.
- Rekdal, Y. (2015). *Arealrekneskap for utmark – Utmarksbeitet i Hordaland.* Fakta fra Skog og landskap. 15(19).
- Ruralis (u.d. a) SUSFEED – Bærekraftig norsk fôrproduksjon. Hentet 08.01.2022 fra:  
<https://ruralis.no/prosjekter/susfeed-baerekraftig-norsk-forproduksjon/>
- Ruralis (u.d. b) NØFF – Norskprodusert økologisk fôrprotein til svin. Hentet 09.01.2022 fra:  
<https://ruralis.no/prosjekter/noff-norskprodusert-okologisk-forprotein-til-svin/>
- Rye, S. K. P., Landrø, A., Jenssen, E., & Vasseljen, J. (2020). *Økonomien i landbruket i Trøndelag 2018* 6(15). NIBIO. <http://hdl.handle.net/11250/2641667>
- Rømø, F., m.fl. (2020). *Muligheter for økt verdiskaping gjennom samarbeid mellom havbruks-, jord- og skognæringene i Trøndelag: Identifisering av samarbeidsområder, kunnskapsbehov, råstoffer og forslag til tiltak.* Rapport 699. Trondheim, SINTEF.
- Sand, R., Bjerkli, C. L., Carlsson, E., Myhre, M. S., & Stræte, E. P. (2020). *Jordbruk-, skogbruk- og havbruksnæringene i Trøndelag: En gjennomgang av etablert kunnskap med relevans for innovasjon på tvers.* Trøndelag Forskning og Utvikling.
- Seehusen, T., & Uhlen, A. K. (2019). *Analyses of yield gaps for the production of wheat and barley in Norway. Potential to increase yields on existing farmlands* 5(166).  
<http://hdl.handle.net/11250/2637490>
- Segerkvist, K., Hansson, H., Sonesson, U., & Gunnarsson, S. (2020). Research on Environmental, Economic, and Social Sustainability in Dairy Farming: A Systematic Mapping of Current Literature. *Sustainability*, 12, 5502.  
<https://doi.org/10.3390/su12145502>
- SINTEF. (2017). *VALUMICS. Understanding food value chain and network dynamics.* SINTEF. Hentet 13.01.2021 fra: <https://www.sintef.no/en/projects/2017/valumics/>



- SINTEF. (2019). *BioCycles*. SINTEF. Hentet 13.01.2021 fra:  
<https://www.sintef.no/prosjekter/2019/biocycles/>
- SINTEF. (u.d.). *SFI Harvest*. SINTEF. Hentet 13.01.2021 fra:  
<https://www.sintef.no/projectweb/harvest/>
- Solberg, B., Moiseyev, A., Hansen, J. Ø., Horn, S. J., & Øverland, M. (2021). Wood for food: Economic impacts of sustainable use of forest biomass for salmon feed production in Norway. *Forest Policy and Economics*, 122, 102337.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102337>
- Soler-Vila, A., Coughlan, S., Guiry, M.D., Kraan, S. (2009) The red alga *Porphyra dioica* as a fish-feed ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effects on growth, feed efficiency, and carcass composition. *Journal of Applied Phycology*, 21, 617–624
- Standal, D., & Grimaldo, E. (2020). Institutional nuts and bolts for a mesopelagic fishery in Norway. *Marine Policy*, 119, 104043.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104043>
- Stokstad, G., & Puschmann, O. (2018). *Jordbruk og geografi. Jordbruksregioner og jordbruksdrift i Norge* 4(95). <http://hdl.handle.net/11250/2559814>
- Stokstad (2020). *Status og endringer i jordbrukslandskapet i Buskerud, Østfold, Akershus og Oslo*. 6(26). NIBIO. <http://hdl.handle.net/11250/2646526>
- Summer (u.d) Sustainable Management of Mesopelagic Resources. Hentet 11.01.2022 fra:  
<https://summerh2020.eu/>
- Susinchain. (2020). Sustainable insect chain. Hentet 11.12.2020 fra:  
<https://susinchain.eu/about/>
- Svensson A. Dalen, L. S. (red.) (2021). *Bærekraftig skogbruk i Norge*. Hentet fra:  
<https://www.skogbruk.nibio.no/stende-volum-1>
- Svensson, A., Eriksen, R., Hysten, G. og Granhus, A. (2021) *Skogen i Norge. Statistikk over skogforhold og skogressurser i Norge*. 7(142). NIBIO.
- Svineportalen. (2018, 30.05.2018). *Grassaft til gris*. Hentet 20.12.2021 fra:  
<https://svineportalen.no/grassaft-til-gris/>
- The European Commission's Knowledge Centre for Bioeconomy (2018). Brief on algae biomass production. Hentet fra:  
[https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC118214/kcb\\_brief\\_algae\\_biomass\\_production\\_online\\_version.pdf](https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC118214/kcb_brief_algae_biomass_production_online_version.pdf)
- Toussaint, M., Cabanelas, P., & Blanco-González, A. (2021). Social sustainability in the food value chain: An integrative approach beyond corporate social responsibility. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 28(1), 103–115.  
<https://doi.org/10.1002/csr.2035>
- Troedsson, C., Thompson, E., Bouquet, J.-M., Magnesen, T. og Schander, C. (2013). *Tunicate extract for use in animal feed*. World patent application WO 2013/088177 A1

- Tufte, T., & Een Thuen, A. (2019). *Arealutvikling og arealbruk. Korn, gras og drøvtyggere* (Nr. 12). AgriAnalyse. <https://www.agrianalyse.no/publikasjoner/arealutvikling-og-arealbruk-korn-gras-og-drovtvggere-article1097-856.html>
- van Huis, A., & Oonincx, D. G. A. B. (2017). The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(5), 43. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8>
- Vader, W., & Tandberg, A. H. S. (2019). Gammarid amphipods (Crustacea) in Norway, with a key to the species. *Fauna Norvegica*, 39, 12-25. <https://doi.org/10.5324/fn.v39i0.2873>
- Verdenskommisjonen for miljø og utvikling (1987). *Vår felles framtid.* (Brundtlandkommisjonen). Oslo: Tiden Norsk Forlag.
- Vik, J. (2020). The agricultural policy trilemma: On the wicked nature of agricultural policy making. *Land Use Policy* 99, Article 105059. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105059>.
- Viken K. O. (2018) *Landskogstakseringenes feltinstruks 2018*. NIBIO bok 4(6).
- Veldkamp, T., & Bosch, G. (2015). Insects: A protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. *Animal Frontiers*, 5(2), 45-50. <https://doi.org/10.2527/af.2015-0019>
- Wang, H., Hagemann, A., Reitan, K.I., Ejlertsson, J., Wollan, H., Handå, A. & Malzahn, A.M. (2019a). Potential of the polychaete *Hediste diversicolor* fed on aquaculture and biogas side streams as an aquaculture food source. *Aquaculture Environment Interactions*, 11, 551-562.
- Wang, H., Seekamp, I., Malzahn, A., Hagemann, A., Carvajal, A.K., Slizyte, R., Standal, I.B., Handå, A. & Reitan, K.I. (2019b). Growth and nutritional composition of the polychaete *Hediste diversicolor* (OF Müller, 1776) cultivated on waste from land-based salmon smolt aquaculture. *Aquaculture*, 502, 232-241.
- Wang, X., Olsen, L. M., Reitan, K. I., og Olsen, Y. (2012). Discharge of nutrient wastes from salmon farms: environmental effects, and potential for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture Environ. Interactions*, 2, 267-283.
- Wang, X., Andresen, K., Handå, A., Jensen, B., Reitan, K.I. og Olsen, Y. (2013). Chemical composition and release rate of waste discharge from an Atlantic salmon farm with an evaluation of IMTA feasibility. *Aquaculture Environmental Interactions*, 4, 147-162.
- Wieczorek, A. J., & Hekkert, M. P. (2012). Systemic instruments for systemic innovation problems: A framework for policy makers and innovation scholars. *Science and Public Policy*, 39(1), 74–87. <https://doi.org/10.1093/scipol/scr008>
- Øverland, M., Mydland, L., & Skrede, A. (2019). Marine macroalgae as a source of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9143>



Øverland, M., & Skrede, A. (2017). Yeast derived from lignocellulosic biomass as a sustainable feed resource for use in aquaculture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(3), 733–742. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8007>

Ånestad, A., & Sollund, S. (2021, 08.07.2021). Regjeringen vil ha sterk vekst i lakseproduksjonen – helt urealistisk mener folkeaksjon. NRK. [https://www.nrk.no/norge/regjeringen-vil-ha-sterk-vekst-ilakseproduksjonen-\\_helt-urealistisk-mener-folkeaksjon-1.15568](https://www.nrk.no/norge/regjeringen-vil-ha-sterk-vekst-ilakseproduksjonen-_helt-urealistisk-mener-folkeaksjon-1.15568)

## FORMÅL

RURALIS - Institutt for rural- og regionalforskning skal gjennom fremragende samfunnsvitenskapelig forskning og forskningsbasert utviklingsarbeid gi kunnskap og idéer for allmenheten, privat næringsliv, offentlig virksomhet og FoU-sektoren, og gjennom det bidra til å skape sosiokulturell, økonomisk og økologisk bærekraftig utvikling i og mellom bygd og by.

RURALIS skal være et nasjonalt senter for å utvikle og ta vare på en teoretisk og metodisk grunnleggende forskningskompetanse i flerfaglige bygdestudier, og fungere som et godt synlig knutepunkt for internasjonal ruralsosiologi.



Trondheim (hovedkontor):  
Universitetssenteret Dragvoll  
N-7491 Trondheim  
73 82 01 60

Oslo:  
Rådhusgata 20  
N-0151 Oslo  
913 32 277

post@ruralis.no  
[ruralis.no](http://ruralis.no)