

Vestlandsforskning – notat nr. 9/2017

Lokale kjelder for proteinfôr til husdyr og fiskeoppdrett på Vestlandet

Otto Andersen (Vestlandsforskning)
Torunn Gauteplass Hønsi (Vestlandsforskning)
Gunnhild Jaastad (NIBIO)

Vestlandsforskning notat

Tittel Lokale kjelder for proteinfôr til husdyr og fiskeoppdrett på Vestlandet	Notat nummer 9/2017 Dato 05.12.2017 Gradering Open
Prosjekttittel Metodisk avklaring omkring utnytting av lokale kjelder for proteinfôr til husdyr og fiskeoppdrett i en sirkulær bio-økonomi på Vestlandet	Tal sider 52 Prosjektnr 6451
Forskar(ar) Otto Andersen, Torunn Gauteplass Hønsi, Vestlandsforskning og Gunnhild Jaastad, NIBIO	Prosjektansvarleg Carlo Aall
Oppdragsgivar Regionalt Forskingsfond Vestlandet	Emneord Proteinfôr Lokale rest-ressursar Sirkulærøkonomi Bioøkonomi

Samandrag

Potensielle og aktuelle kjelder for protein til dyre- og fiskefôr i Hordaland og Sogn og Fjordane er kartlagt. Det er gjort avklaringar omkring kva slags teknologiar som er aktuelle i dei to fylka for å utnytte både nye biologiske råstoff og restressursar. Potensialet for nydyrking av tunikat og makroalgar vart rekna til å vere betydeleg større enn potensialet for utnytting av dei eksisterande restressursane trevirke, biogass frå husdyr og deponi, slakteri- og fiskeavfall, rest frå frukt-, bær- og grønnsaker og ølbrygging. Om protein frå tunikat og makroalgar kan utnyttast direkte er tidlegare lite undersøkt. Insektlarver kan vekse på mange av dei kjeldene som er vurdert i forprosjektet, og er ein potensiell omdannar av protein frå kjelde til fôr. Om larver kan leve på tunikat og makroalgar er lite undersøkt.

Dagens lovverk knytt til animalsk restråstoff og biprodukt set grenser for bruken av slike kjelder til produksjon av fôrprotein. Dette har størst konsekvens for produksjon av fôr til husdyr. Det finst unntak for bruk av restråstoff frå fiskeoppdrett. Protein frå insekt reknast som animalsk protein og er derfor avgrensa av det same regelverket. Det er likevel endringar på gang for regelverk knytt til insekt som fôr til fisk og dyr. Regelverket knytt til vegetabilske råstoffkjelder til fôr set grenser for innhald av uønskt stoff.

Det er i prosjektet vorte utvikla kriteria for optimal lokalisering av næringsverksemd knytt til utnytting av lokale ressursar til produksjon av proteinholdig fôr. Ei regional analyse for dei to fylka visar høgst potensiale på bruk av biomasse frå grøn sektor i kommunane Gloppen og Voss, og rå blå sektor i Flora og Austevoll. I prosjektperioden er det knytt kontakt med relevante FOU-aktørar og bedrifter som er aktive innan utnytting av lokale kjelder til fôrproduksjon. Fleire av desse er interessert i å delta i RFF hovudprosjektet med fokus på alternative kjelder for protein til fôr.

Andre publikasjonar frå prosjektet

ISBN:

Pris:

Forord

Notatet presenterer resultat frå prosjektet ”Metodisk avklaring omkring utnytting av lokale kjelder for proteinfôr til husdyr og fiskeoppdrett i en sirkulær bioøkonomi på Vestlandet”. Dette var eit kvalifiseringsprosjekt (forprosjekt) finansiert av Regionalt Forskingsfond Vestlandet.

Prosjekteigar var Samarbeidsrådet for Landbruket i Hordaland og Sogn og Fjordane. Dei andre deltakande bedriftene var Hordaland Bondelag, Hellenes AS, Synnøve Finden AS avdeling Hardanger, Hardanger Fjellfisk AS, Salmon Group AS, og Sogn og Fjordane Bondelag.

Prosjektet er gjennomført i samarbeid med Gunnhild Jaastad, NIBIO Ullensvang, som i hovudsak har bidrege med å etablere oversikt over potensielle kjelder, aktuell teknologi og regelverk.

Sogndal, desember, 2017

Otto Andersen

Innhold

Liste over tabellar	vi
Liste over figurar	vi
Samandrag	vii
1 Innleiing	1
2 Etablering av kunnskapsstatus	2
2.1 Introduksjon til arbeidspakken	2
2.2 Mogelege nye proteinkjelder og omdanning til proteinrikt fôr	2
2.2.1 Trevirke	2
2.2.2 Makroalgar (tang og tare)	3
2.2.3 Mikroalgar	4
2.2.4 Tunikat	5
2.2.5 Metangass og ammonium	5
2.2.6 Sopp og bakteriar	5
2.2.7 Ølproduksjon	5
2.2.8 Cereal	6
2.2.9 Kjøttproduksjon	6
2.2.10 Fiskeoppdrett	6
2.2.11 Fukt, bær og grønnsaker	7
2.2.12 Organisk restavfall som larvefôr	7
2.2.13 Oppsummering	8
3 Kartlegging av potensiale	8
3.1 Introduksjon til arbeidspakken	8
3.2 Fôrbehov i Hordaland og Sogn og Fjordane	9
3.2.1 Fôr til lakseoppdrett	9
3.2.2 Fôr til husdyr	9
3.3 Potensiale for ulike hovudkjelder	10
3.3.1 Trevirke	10
3.3.2 Makroalgar (tang og tare)	11
3.3.3 Tunikat	11
3.3.4 Metangass frå husdyr og deponi	12
3.3.5 Biorestar frå fukt, bær, grønnsaker og ølbrygging	13
3.3.6 Rest frå slakteri og fisk	14
3.3.1 Oppsummering	16
4 Karakterisering av eigna produksjonslokalitetar for proteinfôr frå lokal biomasse	18
4.1 Introduksjon til arbeidspakken	18
4.2 Metode	18
4.3 Resultat for Sogn og Fjordane	19
4.3.1 Grøn sektor	19
4.3.2 Blå sektor	21
4.3.3 Næringsutvikling	22
4.3.4 Fornybar kraftproduksjon	23
4.3.5 Oppsummering produksjonslokalitetar Sogn og Fjordane	24
4.4 Resultat for Hordaland	25
4.4.1 Grøn sektor	25
4.4.2 Blå sektor	27
4.4.3 Fornybar kraftproduksjon	30
4.4.4 Bedriftsutvikling, sysselsetting	30
4.4.5 Oppsummering produksjonslokalitetar Hordaland	31
4.5 Kartframstilling produksjonslokalitetar	31
5 Kartlegging av regelverk for biobasert fôrproduksjon	34
5.1 Introduksjon til arbeidspakken	34

5.2	Aktuelle forskrifter og lover.....	34
5.3	Regelverk tilpassa produksjon av fôr frå ulike kjelder	35
5.3.1	Trevirke	35
5.3.2	Makro- og mikroalgar	35
5.3.3	Tunikat	35
5.3.4	Sopp og bakteriar	35
5.3.5	Restavfall frå frukt, grønnsaker og kornprodukt.....	36
5.3.6	Animalsk restavfall	36
5.3.7	Restavfall frå fiskeoppdrett	36
5.3.8	Insekt	36
5.4	Oppsummering over kjelder for proteinrikt fôr og avgrensingar lagt i lovverket....	37
6	Etablering av framtidig nærings- og forskningssamarbeid om biobasert proteinrikt fôr	39
7	Konklusjon: potensiale for proteinrikt fôr på Vestlandet	40
8	Referanser.....	42

Liste over tabellar

Tabell 1 Oversikt over ulike kjelde og omdanning til protein som kan være aktuelle for Sogn og Fjordane og Hordaland.....	8
Tabell 2 Tal på husdyr i Noreg, Sogn og Fjordane og Hordaland	9
Tabell 3 Kjøttproduksjon i Noreg, Sogn og Fjordane og Hordaland (kg)	9
Tabell 4 Slakta mengde fisk, slo og avskjer frå slakteri i Sogn og Fjordane og Hordaland (tonn/år).....	15
Tabell 5 Oversikt over potensiale for nytt fôrprotein frå ulike lokale kjelde i Sogn og Fjordane og Hordaland, samt dekkingsgrad av fôrbehov.....	16
Tabell 6 Oversikt over tal frå landbruket i Sogn og Fjordane (2016).	20
Tabell 7 Tal frå næringsmiddelindustrien, drikkevareindustrien og avløp/slam/deponi i Sogn og Fjordane.....	21
Tabell 8 Tal for akvakultur og fiskeforedling i Sogn og Fjordane (2016).	22
Tabell 9 Tal frå bedriftsutvikling og fornybar kraftproduksjon i Sogn og Fjordane (2016)....	23
Tabell 10 Tal for grøn sektor, landbrukstal for Hordaland fylke (2016).	25
Tabell 11 Tal for Grøn sektor: næringsmiddelindustri, drikkevareindustri og avløp, slam og deponi i Hordaland.	26
Tabell 12 Tal frå blå sektor (akvakulturanlegg og fiskeforedlingsindustri) for Hordaland.	28
Tabell 13 Tal for bedriftsutvikling, sysselsetting og fornybar kraftproduksjon i Hordaland. .	30
Tabell 14 Oversikt over kjelder for avgrensingar knytt til lovverk.....	38

Liste over figurar

Figur 1 Potensiale for nytt fôrprotein frå ulike lokale kjelder i Hordaland og Sogn og Fjordane.....	17
Figur 2 Kart som viser type akvakulturanlegg og produksjonsintensiteten i vassførekomstar i Sogn og Fjordane	24
Figur 3 Kart som viser type akvakulturanlegg og produksjonsintensiteten i vassførekomstar i Hordaland	29
Figur 4 Egna produksjonslokalitetar for biomasse i Sogn og Fjordane.	32
Figur 5 Egna produksjonslokalitetar for biomasse i Hordaland.....	33

Samandrag

Potensielle og aktuelle kjelder for protein til dyre- og fiskefôr i Hordaland og Sogn og Fjordane er kartlagt. Det er gjort avklaringar omkring kva slags teknologiar som er aktuelle i dei to fylka for å utnytte både nye biologiske råstoff og restressursar. Potensialet for nydyrking av tunikat og makroalgar vart rekna til å vere betydeleg større enn potensialet for utnytting av dei eksisterande restressursane trevirke, biogass frå husdyr og deponi, slakteri- og fiskeavfall, rest frå frukt-, bær- og grønsaker og ølbrygging. Om protein frå tunikat og makroalgar kan utnyttast direkte er tidlegare lite undersøkt. Insektlarver kan vokse på mange av de kjeldene som er vurdert i forprosjektet, og er en potensiell omdannar av protein frå kjelde til fôr.

Dagens lovverk knytt til animalsk restråstoff og biprodukt set grenser for bruken av slike kjelder til produksjon av fôrprotein. Dette har størst konsekvens for produksjon av fôr til husdyr. Det finst unntak for bruk av restråstoff frå fiskeoppdrett. Protein frå insekt er rekna som animalsk protein og det same regelverket set difor grenser for å nytte slikt protein til fôr. Det er likevel endringar på gang for regelverk knytt til insekt som fôr til fisk og dyr. Regelverk knytt til vegetabiliske råstoffkjelder til fôr set grense for innhald av uønskt stoff.

Det er i prosjektet utvikla kriteria for optimal lokalisering av næringsverksemd knytt til utnytting av lokale ressursar til produksjon av proteinholdig fôr. Ei regional analyse for dei to fylka, visar høgst potensiale på bruk av biomasse frå grøn sektor i kommunane Gloppen og Voss, frå blå sektor Flora og Austevoll. I prosjektperioden er det knytt kontakt med relevante FOU-aktørar og bedrifter som er aktive innan utnytting av lokale kjelder til fôrproduksjon. Fleire av desse er interessert i å delta i RFF hovudprosjektet med fokus på alternative kjelder for protein til fôr.

1 Innleiing

Bioøkonomi handlar om å auke verdien av biologiske ressursar. Restråstoff frå landbruk, skogbruk og fiskeoppdrett utgjer ressursar som via raffinering kan gi lønsam produksjon av ei rekkje produkt. Protein er ein viktig faktor i fôrproduksjonen, og import av soya utgjer ein stor del av proteininnhaldet i norsk kraftfôr. Både behovet for proteinrikt fôr og mengde restråstoff knytt til oppdretts-næringa er stort på Vestlandet. Vestlandskysten har også god førekomst av tang og tare, som har høgt innhald av protein, og utgjer såleis ei potensiell kjelde for protein til fôr. Vidare ligg store deler av den norske frukt-, bær-, sider- og saftproduksjonen på Vestlandet, noko som gir god tilgang på restråstoff frå slike produkt. Utnytting av restråstoff og hogstavfall frå skogsdrift til meir verdifulle produkt, som for eksempel fisk- og dyrefôr, vil kunne auke inntekt for skogbruket på Vestlandet.

Hovudformålet med dette forprosjektet var å undersøke behovet for, og legge grunnlaget for forskning og utvikling om bruk av lokale kjelder til proteinrikt fôr på Vestlandet. Kunnskapsstatus skulle etablerast på bruk av trevirke, dyrka makroalgar, tunikat, metangass, restar frå frukt- og bærindustri, fiskeslam og slakteriavfall, til produksjon av proteinfôr for fisk og husdyr.

Potensialet for desse lokale råvarene og restressursane til produksjon av dyrefôr og oppdrett av fisk skulle bereknast, og det skulle vurderast kor slik produksjon bør etablerast i dei to fylka Hordaland og Sogn og Fjordane.

Utfordringar og hindringar knytt til regelverk for råstoffbasert fôrproduksjon skulle også vurderast, i tillegg til at det var eit mål å etablere framtidige nærings- og forskningssamarbeid om restråstoffbasert proteinrikt fôr. Dette er tenkt ført vidare i eit RFF hovudprosjekt.

Arbeidet som vart gjort i prosjektet skildrast meir omfattande i dei følgjande kapitela.

2 Etablering av kunnskapsstatus

2.1 Introduksjon til arbeidspakken

Arbeidspakke 1 hadde som mål å gje ei oversikt over moglege kjelder og vidare omdannings-prosessar for produksjon av proteinrikt fôr. Nokre kjelder er proteinrike i seg sjølv, og er i ei form som er tilgjengelege for dyr og fisk. Andre kjelder må omdannast via mikro- og makroorganismar, eller ved meir eller mindre omarbeiding for å gjere proteinet tilgjengeleg for dyr og fisk.

Dei viktigaste kjeldene for proteinrikt fôr i dag (soya og fiskemjøl) vil ikkje verte omtala her. Kunnskapsoversikten er basert på nasjonal og internasjonal litteratur. Arbeidspakken kartlegg moglege kjelder og omdanningsprosessar. Vurdering av i kva grad dei regionale kjeldene kan vere realistiske råstoff for produksjon av proteinrikt fôr på Vestlandet, vart vurdert i arbeidspakke 2 - Kartlegging av potensiale.

Me har i arbeidspakke 1 freista å svare på to forskingsspørsmål:

- Kva restråstoff/kjelder er aktuelle for produksjon av proteinrikt fôr på Vestlandet?
- Kva mikro- og makroorganismar er aktuelle omdannarar av restråstoff for proteinrikt fôr på Vestlandet?

2.2 Moglege nye proteinkjelder og omdanning til proteinrikt fôr

2.2.1 Trevirke

I fylgje Øverland et al. (2014) er den årlege avverkinga av tømmer i Noreg ca. 10 mill. m³. Skog er i dag hovudsakleg nytta til tømmer, papir og til energiføremål (brensel/bioenergi). Det vert i dag gjort forsking og utvikling på metodar for å omdanne restar frå treindustrien til proteinrikt fôr. Metodar som varmebehandling, enzymteknologi og makroorganismar er funne å kunne omdanne trevirke til proteinrikt fôr (Øverland et al. 2014; Jóhannson 2016).

Trevirke inneheld dei kjemiske sambindingane cellulose (ca. 45 %), hemicellulose (ca. 25 %) og lignin (ca. 30 %). Lignin kan skiljast ut og nyttast til varme og straum, medan cellulose og hemicellulose kan brytast ned til ulike sukkerartar som igjen kan fermenterast og brukast til produksjon av proteinrik gjærsopp, som kan nyttast i fôr.

Fleire artar av gjærsopp er undersøkt med tanke på proteininnhald og vekst, mellom anna *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*, *Kluyveromyces marxianus*. Dei kan alle vekse på sukkerartar nedbrote frå cellulose og hemicellulose. Innhald i desse er undersøkt og samanlikna med fiskemjøl og soyamjøl. Øverland et al. (2013) viser at gjær kan utgjere minst 30 % av laksefôr, tilsvarande 40 % av proteinet. Øverland og Skrede (2016) oppsummerar produksjon, aminosyre innhald og effekt av gjær på fiskehelse.

Med meir kunnskap om omdanningprosessen av tre og effekten på dyr, kan produksjon av proteinrikt fôr frå trevirke kunne verte ein industri.

2.2.2 Makroalgar (tang og tare)

Makroalgar veks naturleg langs Norskekysten, og har over lang tid vore nytta som dyrefôr (Makkar et al. 2015; Broch et al. 2016). Både brunalgar, raudalgar og grønalgar er aktuelle som dyrefôr. I dag vert makroalgar også utnytta som råstoff i framstilling av ei rekkje produkt som til dømes alginat, karragenan og agar. Det er stor interesse for å bruke makroalgar som råstoff for produksjon av proteinrikt fôr (Øverland et al. 2014). Dei mest aktuelle artane er stortare (*Laminara hyperborea*), grisetang (*Ascophyllum nodosum*), sukkertare (*Laminara saccharina*), butare (*Alaria esculenta*), fingertare (*Laminara digitata*) og raudalgen søl (*Palmeria palmata*).

Proteininnhald i brunalgar (opp til 15 %) er generelt mindre enn i grønalgar (opp til 30 %) og raudalgar (opp til 50 %) (Makkar et al. 2015; Przedzrymirska and Sapota 2016). Innhaldet av protein og fermenterbare karbohydrat varierer gjennom året, det er mest protein om våren og mest karbohydrat om hausten (Makkar et al. 2015; Øverland et al. 2014).

Aminosyreprofil og innhald i 21 makroalgeartar langs Norskekysten er kartlagt (Biancarosa et al. 2016). I fylgje Angell et al. (2016) inneheld makroalgar essensielle aminosyrer tilnærma likt innhaldet i fiskemjøl og soyamjøl, men dei inneheld mindre av nokre av dei viktigaste aminosyrene, særleg metionin og lysin. Makroalgar inneheld altså mindre av dei aminosyrene som er heilt naudsynte for å ikkje hindre vekst hjå mellom anna kylling, gris, og laks.

Angell et al. (2016) gir ein oversikt over bruken av ubehandla (ikkje prosesserte) makroalgar i fôr til husdyr (ikkje drøvtyggarar). Generelt har makroalgar ein positiv eller ingen effekt når 5-10 % av dietten vert erstatta med makroalgar, men kan få ein negativ effekt når makroalgar utgjer ein større prosent. Dei omtalar vidare ulike metodar for å fjerne andre stoff for å konsentrere opp proteininnhaldet, og metodar for å ekstrahere protein. Angell et al. (2016) konkluderer med at makroalgar berre er ei reell proteinkjelde når protein vert konsentrert opp. Både Øverland et al. (2014) og interessegruppa SIG Seaweed (under Norsk senter for tang- og tareteknologi¹) peikar på fleire moglege metodar for prosesering/bioraffinering av makroalgar til protein, mellom anna via fermentering og produksjon av gjærsopp.

Lock et al. (2016) har undersøkt omdanning av brunalgar ved hjelp av svart soldatfluge (*Hermetia illucens*). Dei fann at larvene akkumulerte næringsstoff, og at 100 % av larvene overlevde når 70 % av kosten var erstatta av brunalgar, men at larvene vaks mindre med aukande del brunalgar i fôret, og at dei også akkumulerte tungmetall.

Det at makroalgar tek opp tungmetall som bly, kvikksølv og kadmium frå omgjevnadane kan gi restriksjonar på bruken i fôr (Øverland et al. 2014). Også opptak og innhald av jod avgrensar bruken. Det er naudsynt å sikre at desse stoffa er under sine grenseverdier sett av mattilsynet. NIFES har gjort ei kartlegging av innhald av ulike tungmetall i makroalgar i samband med studie av potensiale for bruk av algar til fôr og mat (Duinker 2016). Opptak og tilgjengelegheit av tungmetall er relatert til saltinnhald, pH, temperatur og nedbør. Det gjer at innhaldet varierer både med døgn og sesong, og med variasjon for kvart enkelt metall. Duinker et al. (2016) viser oversikt over innhald av ulike tungmetall i ulike artar av algar. Generelt er innhald av kopar, selen og sink under grenseverdier i norske makroalgar. Innhaldet av arsenikk i grøn- og raudalgar er under grenseverdi, medan i dei fleste brunalgane som vart undersøkt var det over grenseverdien. Det same

¹ <http://www.sintef.no/ocean/satsinger/norsk-senter-for-tang-og-tareteknologi/#/>

gjeld for jod; innhaldet er over grenseverdien i enkelte brunalgar (særleg *L. digitata*). Koking kan redusere innhaldet av jod. Arbeidspakke 4 i prosjektet omhandlar regelverk og grenseverdier for uønskt stoff som set grensar på bruk som fôr.

Sintef har gjort ei kartlegging og modellering av potensiale for dyrking av makroalgar i Møre og Romsdal (Broch et al. 2016). Dei har i sin modell kopla biologiske og fysiske faktorar for å finne dei beste produksjonsområda. Broch et al. (2016) har fokusert på dei mest aktuelle makroalgane i området; sukkertare (*L. saccharina*), butare (*A. esculenta*), fingertare (*L. digitata*) og søl (*P. palmata*). Stortare (*L. hyperborea*) er også omtala. Dei har samanlikna temperatur, saltinnhald, næringssalt og straumforholda for desse artane (sjå tabell s. 25 i Broch et al. 2016). Rapporten konkluderer med at produksjon utanfor grunnlina gir betre avling enn innafôr.

2.2.3 Mikroalgar

Mikroalgar er ei stor og allsidig gruppe av eincella organismar. Fordi dei er små, har dei ei stor overflate der fotosynteseaktivitet og næringsopptak finn stad (Olsen and Karlson 2016). Fototrofe algar finst over alt der det er nok lys, ei karbonkjelde og nok fuktigheit/vatn (vekstmedium). Dei står for om lag 40 % av all fotosyntese og oksygenproduksjon globalt (<http://www.norskalgeforening.no/mikroalgarr/>). Heterotrofe makroalgar kan vekse utan lys, dei treng oksygen, eit vekstmedium og ei karbonkjelde. I fylgje Nofima (2014) kan heterotrofe algar produsere 160-180 g tørrvekt per liter vekstmedium, medan fototrofe algar kan produsere 1-4 g tørrvekt per liter vekstmedium.

Mikroalgar har eit høgt innhald av protein, men med variasjon mellom artar (Guedes et al. 2015). Innhaldet kan variere, men er på same nivå eller høgare enn soyamjøl. Innhaldet av aminosyra lysin er mindre og kan sette grense for bruk til gris, men vil ikkje hindre vekst hjå fjørfe, fisk og reker (Lindberg 2016). Forsøk ved Nofima tyder på at ei alge i slekta *Schizochytrium* kan erstatte fiskemjøl i fôr til laks (Nofima 2014).

Mange artar av mikroalgar er aktuelle. Innhald i fleire artar er vist i rapporten 'Nordic alternative protein potentials mapping of regional bioeconomy opportunities' (Andersen and Tybrig 2016). I rapporten vert det tilrådd å dyrke lokale artar som er tilpassa klima og geografi. Kva artar som er mest vanleg på Vestlandet må kartleggjast.

Avfallsvatn inneheld kombinasjonar av organisk materiale, næringsstoff og kjemiske substansar, og har difor potensiale som vekstmedium for algar. Avfallsvatn frå akvakultur (rekeoppdrett) er undersøkt som vekstmedium for mikroalgar i laboratorium, og konklusjonen er at det kan fungere for å kultivere algar (Khaton et al. 2016). Dei konkluderer med at *Scenedesmus* sp. (ferskvassalge) er eksempel på ei alge som kan vekse i næringsrike sidestraumar, som til dømes ventilasjonsluft frå landbruket (Olsen and Karlson 2016).

Ramsundar et al. (2017) har undersøkt kommunalt avfallsvatn for innhaldsstoff, fjerning av ikkje-ønska bakteriar, samt effekten på vekst av algen *Chlorella sorokiniana*. Dei konkluderer med at kommunalt avfallsvatn har potensiale som vekstmedium for makroalgar. Mohamed og Al-Gheeti (2016) gir ein oversikt over vitskapleg arbeid som er gjort på makroalgeartar, innhaldstoff, dyrking på avfallsvatn frå mellom anna fiskeslakteri og effekt på fisken. Konklusjonen er at avfallsvatn frå fiskeslakteri er eit godt vekstmedium for makroalgar. I prosjektet Alger4laks (2016-2019) skal Universitet

Nord undersøkje om marine algar kan dyrkast på næringsrikt avfallsvatn frå fiskeslakteri og om desse algane kan nyttast som fiskefôr¹.

Guedes et al. (2015) gir ein oversikt over bruk av protein frå makroalgar i akvafôr.

2.2.4 Tunikat

Tunikat (sekkedyr eller sjøpungar) er dyr, som liknar makroalgar, som veks i alle havområde rundt i verden. Dei lever av mikroalgar og bakteriar som dei filtrerer ut frå vatnet. Tunikat inneheld mykje protein og cellulose. I fylgje eit forskingsteam ved UiB har tunikat potensiale som proteinrikt fôr, når tunikata er tørka består dei av 55 % protein. I tillegg meiner forskingsteamet at cellulose frå tunikat kanskje kan brukast til tekstil². UiB og UniResearch leiar eit prosjekt der ein ser på dyrking og bruk av sekkedyr. Truleg har tunikat eit potensiale som proteinkjelde på Vestlandet.

2.2.5 Metangass og ammonium

Protein kan produserast frå bakteriar som har anaerob fermentering av metangass (karbonkjelde) og ammonium (N-kjelde). *Methylococcus capsulatus* (mest litteratur på denne), *Ralstonia sp.*, *Brevibacillus agri* og *Aneurinibacillus sp.* er døme på slike bakteriar. Bakteriebiomassen vert tørka og varmesterilisert for å lage eit tørt og stabilt produkt. Eit slikt produkt kan innehalde opp til 70 % protein (AllAboutFeed 2017). Metoden er testa i Noreg: Norferm (under Statoil) opna anlegg for å lage fôr frå gass i 1999, men det vart lagt ned p.g.a. låge prisar på fôr³. Calysta (amerikansk selskap) opna eit anlegg i Teeside i 2016 som kan produsere 10.000 t fôr per år. Desse anlegga brukar bakterien *M. capsulatus*.

Talet biogassanlegg og planar for nye anlegg er presentert av Bondelaget (2011). Bondelaget fokuserer på landbruksbasert råstoff for bioenergi. Det er presentert ein oversikt over mengde metan i ulike avfallstypar frå landbruket i Bondelaget sitt hefte. Kanskje kan produksjon av proteinrike bakteriar vere eit alternativ til produksjon av energi?

2.2.6 Sopp og bakteriar

Gjærsopp er tidlegare omtala under trevirke og omdanning av trevirke til proteinrikt fôr (avsnitt 1). Denne gruppa kan doble sin biomasse kvart 100 minutt under optimale tilhøve! Gjærsopp har ein biomasse som er rik på protein og som kan leve på mange ulike typar organisk materiale. Til dømes er *Rhizopus oryzae* og *Paecilomyces varioti* gjærsopp som finst i jord og rotnande organisk materiale (Lindberg 2016).

Bakteriar inneheld ofte meir protein enn gjærsopp, og på lik linje med fiskemjøl (Lindberg 2016). Dei har ei rask vekstkurve (kan doble massen på 20-30 minutt), og har evne til å vekse på hydrokarbon og enkle nitrogen kjelder (sjå over) (Lindberg 2016).

2.2.7 Ølproduksjon

Mask frå ølproduksjon utgjer ca. 31 % av original maltvekt som igjen utgjer årleg 17 000 tonn nasjonalt (Lindberg et al. 2016). Kjemisk samansetning i mask varierer med kva malt som er brukt og kva øl som er brygga, til dømes kan cellulose variere frå 16-25 % og protein frå 15-24 % (Lindberg et al. 2016). I dag vert mykje av masket nytta direkte til husdyrfôr.

¹ <https://www.forskningsradet.no/prosjektbanken/#/project/NFR/260190>

² <https://uni.no/nb/news/2013/11/12/Slimete-sekkedyr-kan-bli-milliardindustri/>

³ https://en.wikipedia.org/wiki/Methylococcus_capsulatus

Mask frå øl (brewer's dried grain) er prøvd som fôr til fisk og dyr. Det er til dømes testa på gris i Nigeria (Amaefule 2006), dei fann at tilsetning av 35 % ølmask er optimalt. Ølmask erstatta mais- og soyamjøl.

Mask frå spritproduksjon (distiller's dried grain) er også brukt i fôrproduksjon til både fisk og dyr (Welker 2014; Koeleman 2016). Høgt fiberinnhald i masken vil avgrense bruken av råstoffet fordi det vil påverke fordøyinga negativt (Welker 2014).

Insektlarver kan vekse på mask frå øl, og larvene er rike på protein i seg sjølv. Larver kan såleis omdanne mask til proteinrikt fôr (vert omtala vidare under avsnitt 12). Van Boekhoven et al. (2015) testa mask frå ølproduksjon saman med andre typar organisk materiale som diett til larver av fleire artar av mjølbiller. Dei konkluderer med at larvene kan overleve på organisk restavfall, men at restavfall med gjær gir best vekst og utvikling.

2.2.8 Cereal

Tilgjengelege mengder av ulike korn- og mjølrestar er omtala i Lindberg et al. (2016). Restavfall frå mjølproduksjon eignar seg som fôr til larver. Mjølbiller (*Tenebrio molitor*) lever til dømes naturleg på mjøl. Ulike mjølprodukt inngår som del av dietten i industriproduksjon av fleire insektartar (Ortiz et al. 2016). Larver og restavfall vert omtala meir under avsnitt 2.2.12.

2.2.9 Kjøttproduksjon

Restmengde frå norsk kjøttproduksjon er i fylgje Lindberg et al. (2016) større enn det som vert nytta på alternative måtar, og mykje vert difor destruert. Beinmarg er rik på protein og vart tidlegare nytta som tilskot til fôr, men etter skandalen med kugalskap (BSE) er det forbod mot bruk av beinmjøl frå dyr til fôr for dyr (meir om regelverk under arbeidspakke 4 - Kartlegging av regelverk for råstoffbasert fôrproduksjon).

På grunn av endra kosthald er det, og vil truleg verte meir, overskot på feitt frå kjøtt. I 2015 var det totalt 27 300 tonn animalsk feitt som stort sett gjekk til kraftfôr og biodiesel (Lindberg et al. 2016). Feittet kan modifiserast til ulike produkt, mellom anna dyrefôr, ved kjemisk, enzymatisk eller mikrobiell omdanning (Lindberg et al. 2016). Enzymatisk hydrolyse er ein metode der same enzym som naturleg er i magesekken vert nytta til nedbryting av protein som i neste omgang kan brukast til dyrefôr. Om det kan nyttast som fôr til produksjonsdyr er usikkert. Sjå også Norsk Protein for produkt og bruk av restar frå kjøttproduksjon (<http://www.norskprotein.no/f%c3%b4r-og-gj%c3%b8dsel.aspx>).

Avføring og møk frå dyr er også eit resultat av kjøttproduksjon. Det vert i dag nytta som gjødsel direkte og til produksjon av biogass. Fleire artar av insektlarver kan leve på møk og såleis omdanne møk til protein (Cickova et al. 2015).

I avsnitt 2.2.3 (Makroalgar) vart algevekst i kommunalt avfallsvatn og avfallsvatn frå rekeoppdrett nemnt som ein måte å omdanne restavfall til protein. Truleg kan også avfallsvatn frå møk nyttast som veksemedium for algar, men det krev endringar i eksisterande regelverk for fôr. Som nemnt under avsnitt 2.2.5 (Metangass og ammonium) kan truleg utslepp av metan frå møk brukast til produksjon av proteinrike bakteriar.

2.2.10 Fiskeoppdrett

Fiskemjøl, som utgjer ein stor del av proteinkjelda til oppdrettsfisk, er produsert av fisk fanga i havet. Restar frå oppdrettsfisk kan nyttast som fôr til oppdrettsfisk dersom det er

avfall frå fisk som er slakta til humant forbruk på godkjent anlegg. Det kan ikkje nyttast som fôr til same art (sjå meir om regelverk i kapittel 5). Avfallsvatn frå fiskeslakteri har som tidlegare omtala potensiale som vekstmedium for makroalgar.

2.2.11 Frukt, bær og grønsaker

Esteban et al. (2007) samanlikna restar frå frukt- og grønt med restar frå fiskebutikkar, og fann at begge kan nyttast som fôr til gris. Dei fann mest fordøyeleg protein i fiskeavfall, mest karbohydrat i frukt og grønsaker, og mest fiber i frukt og grønsaker. Begge avfallstypene inneheld dei næringsstoffa som grisen treng. Esteban et al. (2007) konkluderte med at opp til 20 % av dietten kan bestå av restar frå frukt- og grønt. Lindberg et al. (2016) gir ein oversikt over restmengde frå ulike frukt, bær og grønsakartar i Noreg. Mest restråstoff er det frå eple, og mesteparten av dette vert nytta til andre produkt, mellom anna vert restar frå saft-produksjon nytta som dyrefôr direkte.

Restavfall frå bær vert i større grad levert til kompostering der det er ein kostnad for levering (Lindberg et al. 2016). Både grønsak og potet som ikkje kan nyttast til produkt for menneskekonsum kan nyttast til dyrefôr eller leverast til kompostering. I fylgje Lindberg et al. (2016) er det eit ynskje frå næringa å nytte ein større del av restavfallet til fôr. Fleire artar insektlarver kan ete på restar av frukt, bær og grønsaker, og slik produsere protein (Ramos-Elorduy et al. 2002). Dette vert nærare omtala i avsnitt 2.2.12.

2.2.12 Organisk restavfall som larvefôr

Organisk avfall er nemnt tidlegare, her vil det vere fokus på landbruksavfall, hushaldsavfall og avfall frå næringsmiddelindustrien og *omdanning via insektlarver*. I 2015 vart det totalt levert 2 288 000 tonn hushaldsavfall. Av dette er 181 000 tonn matavfall og anna våtorganisk avfall (SSB). I tillegg kjem restar frå næringsmiddelindustrien. I 2014 vart det til dømes totalt levert 688 000 tonn våtorganisk avfall og 179 000 avfall frå park og grøntanlegg til avfallsdeponi (SBB).

Insektlarver kan leve på mykje ulikt organisk materiale (Jóhannsson and Smáráson 2016, Surendra et al. 2016; Azagoh et al. 2015). Det organiske avfallet er gjerne rikt på karbohydrat, men har mindre innhald av protein. Larvene i seg sjølv er proteinrike og kan erstatte eller delvis erstatte fiskemjøl og soyamjøl – larvene omdannar karbohydratrikt organisk restavfall til proteinrikt fôr.

Den arten som er mest undersøkt er svart soldatfluge (*Hermetia illucens*). Svart soldatfluge er ein effektiv omdannar; 2 kg restavfall kan verte 1 kg insektbasert protein på 1m² (Makkar et al. 2014). Larver av svart soldatfluge kan ete mange typar restavfall frå matproduksjon i tillegg til møk frå dyr (Cickova et al. 2015). Bruk av larvene som fôr til fisk og dyr er undersøkt, mellom anna til gris, kylling og fisk (summert opp i Makkar et al., 2014). Resultata er lovande. Svart soldatfluge er ikkje eit naturleg insekt i Noreg, og er i dag ikkje lov å importere eller bruke i insektproduksjon. Det er derimot nyleg gitt løyve til bruk av svart soldatfluge i eit forskingsprosjekt (Miljødirektoratet pers. medel.). Arten står også på lista over tillatne artar i forslaget til endringar i forskrifta om animale biprodukt (meir informasjon i kapitel 5).

Mjølbillen (*Tenebrio molitor*) er også ein viktig art i insektproduksjonen internasjonalt. Den er naturleg førekomande i Noreg, og produksjon av larver er starta opp fleire stader. Per i dag er det ikkje lov å bruke larver som fôr til husdyr i Noreg, men endringar i regelverket er på gang (Mattilsynet, TSE-HØRING 1-2017, sjå kapitel 5). Det er gjort mykje arbeid med effekt av ulike organiske avfall på vekst av mjølbiller, mellom anna

ulike typar mjøl, ølmask, frukt og grønt (til dømes Rasmussen et al. 2016; Ramos-Elorduy 2002).

Larver av vanleg husfluge (*Musca domestica*) er ein annan art som er nytta for å omdanne organisk avfall til proteinrikt fôr internasjonalt (Makkar et al. 2014). Denne arten finst også naturleg i Noreg. Problemet er at husfluge kan vere smitteberarar av ulike virus, og dei vaksne er effektive flygarar som gjer dei vanskelegare å halde i kontrollerte forhold.

2.2.13 Oppsummering

I tabellen nedanfor viser me oversikt over kjelde og omdanning til protein som kan være aktuelle for produksjon av fôr i Sogn og Fjordane og Hordaland

Tabell 1 Oversikt over ulike kjelde og omdanning til protein som kan være aktuelle for Sogn og Fjordane og Hordaland

Kjelde	Omdanning til protein	Merknader
Trevirke	Gjærsopp	Restavfall frå skogbruk som vekstmedium
Makroalgar	Tilarbeiding (eller via larver)	Naturleg førekomst og dyrking
Makroalgar	Proteinrike i seg sjølv, omarbeiding?	Vekse på mange ulike medium
Tunikat	Omarbeiding?	Naturleg førekomst, truleg dyrking
Cereal	Insekt	Kan brukast utan omdanning, men mykje fiber
Ølmask	Insekt	Kan brukast utan omdanning, men mykje fiber
Frukt, bær og grønsaker	Insekt	Kan brukast utan omdanning, men mest karbohydrat
Fiskeoppdrett	makroalgar	Avfallsvatn frå fiskeslakteri som vekstmedium
Fiskeoppdrett	Fiskemjøl	Ikkje til same art (kannibalisme)
Biogassanlegg	Bakteriar	Treng karbonkjelde og nitrogenkjelde
Organisk restavfall	Insekt	Krev endringar i regelverk

3 Kartlegging av potensiale

3.1 Introduksjon til arbeidspakken

I arbeidspakke 2 (AP2) har me berekna og vurdert potensiale for utnytting av lokale kjelder for proteinfôr til husdyr og fiskeoppdrett i Hordaland og Sogn og Fjordane. Vi har freista å svare på tre forskings spørsmål:

- Kor mykje fôr kan ein nytte frå kvar hovudkjelde?
- Kor mykje protein finst i fôr frå kvar hovudkjelde?
- Kor stor er miljøpåverknaden (t.d. klimautslepp, innhald av miljøgift) i livslauget til kvar hovudkjelde

3.2 Fôrbehov i Hordaland og Sogn og Fjordane

3.2.1 Fôr til lakseoppdrett

Statistisk Sentralbyrå oppgir i sin oversikt at sal av slakta matfisk av laks var 164 tusen tonn i Hordaland og 100 tusen tonn i Sogn og Fjordane (SSB 2017a) i 2015. Samla i dei to fylka vert altså om lag 264 tusen tonn slakta årleg. Totalt for Norge er talet 1,3 mill. tonn. Lakseoppdrettet i dei to fylka kan såleis estimerast til å utgjere 20,3 % av hele landet. Om me nyttar SSB sine tal for beholdning av levande fisk, vert resultatet 22,3% (SSB 2017b). Snittet på 21,3 % vert nytta nedanfor i berekning av potensialet for dekking av behovet.

Proteininnhald i laksefôr er oppgitt til 30-50 % (Skjermo et al. 2014). Det er estimert eit behov i 2050 for 6 mill. tonn laksefôr i Noreg (Ibid.). Om behovet i Hordaland og Sogn og Fjordane utgjør 21,3 % av dette, svarer det til 1,3 mill. tonn. Behovet for protein til lakseoppdrett i Sogn og Fjordane og Hordaland ligg såleis i området 383-639 tusen tonn i 2050.

3.2.2 Fôr til husdyr

Statens landbruksforvaltning oppgir at det i Noreg i 2012 vart nytta 1,9 mill. tonn kraftfôr til husdyr (Øverland et al. 2014). SSB sine tal for husdyrhald i 2017 er vist i Tabell 2.

Tabell 2 Tal på husdyr i Noreg, Sogn og Fjordane og Hordaland

	Noreg	Sogn og Fj.	Hordaland
Storfe	865 425	49 134	37 379
Sau	1 129 361	93 758	111 516
Geit	34 507	5 798	2 458
Svin	1 696 782	26 356	32 876
Fjørfe	69 872 284	83 527	286 088

Kjelde: SSB (2017d,e)

Ved å nytte tala for gjennomsnittleg slaktevekt som vist i Tabell 3 kan me rekne ut kor stor del av den nasjonale kjøtproduksjonen som går føre seg i Sogn og Fjordane og Hordaland.

Tabell 3 Kjøtproduksjon i Noreg, Sogn og Fjordane og Hordaland (kg)

	Slaktevekt	Noreg	Sogn og Fj.	Hordaland
Storfe	271	234 530 175	13 315 314	10 129 709
Sau	19	21 457 859	1 781 402	2 118 804
Geit	15	517 605	86 970	36 870
Svin	83	140 832 906	2 187 548	2 728 708
Fjørfe	1,4	97 821 197	116 938	400 523
Sum		495 159 742	17 488 172	15 414 614

Kjelde: SSB (2017f); Thoring (2014).

Hordaland og Sogn og Fjordane har såleis ein årleg kjøtproduksjon på om lag 33 tusen tonn, som utgjør 6,6 % av den nasjonale produksjonen. Ein kan då forventast om lag det same forholdet m.o.t fôrbehov, altså 6,6 % av 1,9 mill. tonn årleg, som utgjør 126 tusen

tonn fôr. Landbruksdirektoratet oppgir at proteininnhaldet i norsk produksjon av kraftfôr til husdyr er 22 % (Schjøth 2016). Dei to fylka har såleis eit årleg behov for 28 tusen tonn protein til kraftfôr.

3.3 Potensiale for ulike hovudkjelder

Det er her berre delvis teke omsyn til i kva grad proteinet i dei ulike kjeldene er tilgjengeleg for dyr og fisk. Det er ikkje teke omsyn til regelverket i denne bolken.

3.3.1 Trevirke

Den årlege tilveksten av skog i Noreg er berekna til 25 mill. m³ medan årleg uttak er omlag 10 mill. m³ (Øverland et al. 2014). Såleis er årleg uttak omlag 40 % av årleg tilvekst. Eit potensielt uttak av i tillegg 15 mill. m³ per år til fôrproduksjon er berekraftig i og med at uttaket er likt tilveksten. Opplysningar frå Borregård tyder på at frå 800 000 m³ tømmer kan ein utvinne om lag 220 000 tonn sukker som kan nyttast til å produsere 100 000 tonn gjær (Øverland et al. 2014). Om ein brukar same forhold, altså 3,64 m³ tømmer per tonn sukker, og 2,2 tonn sukker per tonn gjær, kan ein rekne ut at 15 mill. m³ tømmer potensielt kan resultere i 1,87 mill. tonn gjær.

Den delen av skoguttaket som kan gjerast i Sogn og Fjordane og Hordaland kan estimerast ut frå at årleg tilvekst i Sogn og Fjordane er estimert til 0,8 mill. m³ (Andreassen et al. 2012). Eit tal som svarar til dette for Hordaland kan estimerast til 0,9 mill. m³ ut frå at produktivt skogareal i dei to fylka (tal i 1000 da) er oppgitt til 2 517 for Sogn og Fjordane og 2 765 for Hordaland (Granhus et al. 2011).

Total årleg tilvekst er såleis om lag 1,7 mill. m³. Om me ser for oss at ein auke i uttaket som i heile Noreg, kan vi berekne eit potensielt uttak av skog til fôrproduksjon på 2,5 mill. m³ i dei to fylka. Dette vil kunne gi 314 465 tonn gjær. Øverland et al. (2014) oppgir eit proteininnhald i gjær på 40-55 %. Såleis kan ein rekna at eit potensiale på protein frå ekstra uttak av skog i Sogn og Fjordane og Hordaland ligg på 125 786 -172 956 tonn protein, med snittverdi 149 371 tonn.

3.3.1.1 Bruk i fôr til lakseoppdrett

Dei aktuelle typane gjærsopp er undersøkt med tanke på proteininnhald og vekst. Innhald av protein er samanlikna med fiskemjøl og soyamjøl. Øverland et al. (2013) viser at gjær kan utgjere minst 30 % av laksefôr, tilsvarende 40 % av proteinet. Med eit estimert fôrbehov på 1,2 kg per kg produsert laks, vil bruk av ei 10 % gjær-innblanding i norsk laksefôr svare til 300 000 tonn gjær i 2030 og 500 000 tonn gjær i 2050 (Øverland et al. 2014). Eit potensiale på 1,87 mill. tonn gjær frå skog i Noreg er såleis rikeleg til å dekke eit slikt behov.

Om gjær skal gå til laksefôr i form av 10 % gjær-innblanding lokalt i dei to fylka, må vi nytte talet vi har utleia i avsnitt 3.2.1 ovanfor for kor mykje av lakseoppdrettet i Norge som skjer der.

Me nyttar ein andel på 21,3 % av landets lakseoppdrett til å berekna at ei 10 % gjær-innblanding i laksefôr i dei to fylka svarar til gjærbehov på 63 tusen tonn i 2030 og 106 tusen tonn i 2050. Potensialet på 314 tusen tonn gjær frå skog med godt monn dekkar behovet i lakseoppdrettet i dei to fylka. Dette gjeld også ved ei høgare gjær-innblanding enn 10 % i fiskefôret, opp mot 30 %.

Vi kan også rekne ut dekking av behovet med basis i proteinmengde. Ein berekna produksjon av 125-172 tusen tonn protein frå skog i Sogn og Fjordane og Hordaland kan

erstatte om lag ein 1/3 del av forventta proteinbehov i 2050 på 383-639 tusen tonn i lakseoppdrettet i dei to fylka.

3.3.1.2 *Bruk i fôr til husdyr*

Potensialet på 125-172 tusen tonn protein frå ekstra uttak av skog i Sogn og Fjordane og Hordaland, dekkar behovet på 28 tusen tonn med godt monn, da potensialet er meir enn 5 gangar så stort som behovet.

3.3.1.3 *Miljøpåverknad*

Ein betydeleg auke i uttak av skog med tilsvarande auke i bruk av motorisert skogsmaskineri og transport knytt til uttak og tilverking, kan føre til auka utslepp av klimagassar og lokal ureining frå forbrenning av drivstoff.

3.3.2 **Makroalgar (tang og tare)**

Brunalgar (*Phaeophyceae*) som sukkertare (*Saccharina latissima*) har varierende innhald av protein i vekstsesongen, men innhaldet kan aukast ved dyrking nær proteinkjelde, til dømes ved fiskeoppdrettsanlegg (Øverland et al. 2014). Eit maksimalt proteininnhald i makroalgar på over 40 % av tørrvekta når haustinga skjer om våren, er oppgitt av Skjermo et al. (2014). Men, det er også rapportert at maksimalt innhald i brunalgar ligg i området 17-21 % (Øverland et al. 2014). Proteininnhald i sukkertare og butare (*Alaria esculenta*) er ved hausting i mai-juni målt til 15-18 % (Ibid.)

Olafsen et al. (2012) reknar med at ein i 2050 årleg kan hauste 20 mill. tonn makroalgar i Noreg. Om me nyttar eit proteininnhald på 20 % kan me rekna ut eit potensiale på om lag 4 mill. tonn protein frå makroalgar i Noreg årleg. Om me set som ein føresetnad at det meste av produksjonen av makroalgar vert knytt til fiskeoppdrettsanlegg kan me rekne ut at ein i Sogn og Fjordane og Hordaland kan forvente 21,3 % av 4 mill. tonn, som utgjør 852 tusen tonn protein årleg.

3.3.2.1 *Bruk i fôr til lakseoppdrett*

Potensialet på 852 tusen tonn protein årleg vil kunne dekke behovet for protein til lakseoppdrett (383-639 tusen tonn i 2050), potensialet er med andre ord meir enn 1,6 gangar så stort som behovet.

3.3.2.2 *Bruk i fôr til husdyr*

Om 852 tusen tonn protein frå makroalgar nyttast til fôr til husdyr blir behovet på 28 tusen tonn i dei to fylka dekt med ein faktor på 30 gangar.

3.3.2.3 *Miljøpåverknad*

Makroalgar kan akkumulere jod, nitritt, bly, kvikksølv og kadmium frå omgivnaden, men dette kan også sjåast på som ei reinsing av sjøen. Brunalgar kan også ha eit høgt innhald av arsen (Øverland et al. 2014). Bruk av botntrål til uttak av naturleg veksande tang og tare kan føre til reduksjon i tare-beitande fiskebestand. Ein forventta effekt av klimaendringar er havforsuring, som kan ha en gunstig effekt for vekst av makroalgar i framtida (Kroeker et al. 2013).

3.3.3 **Tunikat**

Tunikat (*Ciona intestinalis*), også vert kalla kappedyr eller sekkedyr. Dei inneheld, etter at vatnet er pressa ut, om lag 60 % protein (Andersen et al. 2014). Ein kan venta ein produksjon på 100-200 kg per kvadratmeter havfarm (Amundsen 2013). Innhald av vatn i tunikat er om lag 95 % (Andersen et al. 2014). Såleis kan ein forventa 4,5 kg protein per kvadratmeter havfarm. For å berekna potensialet for kor stor ein framtidig produksjon

kan bli, kan ein nytte tala for fjordareal som er eigna til havbruksproduksjon lavt i næringsnettet (Andersen et al. 2014). For Sogn og Fjordane og Hordaland er det totalt 831 km² i kategorien beskytta fjord, av det reknar ein at 30 % kan nyttast, altså 249 km². Kategorien ferskvatnpåverka og sterk ferskvatnpåverka fjord har totalt 771 km² i dei to fylka, og av dette antar ein at 100 % kan nyttast. Samla areal som kan nyttast i dei to fylka er difor anslagsvis 1 020 km². Med 4,5 kg protein per kvadratmeter havfarm er potensialet 4,6 mill. tonn protein årleg.

3.3.3.1 *Bruk i fôr til lakseoppdrett*

Det årlege potensialet på 4,6 mill. tonn protein frå tunikat er nok til å dekke behovet i lakseoppdrett 9 gongar.

3.3.3.2 *Bruk i fôr til husdyr*

Potensialet på protein frå tunikat kan dekke fôrbehovet til husdyrhald i fylka med ein faktor på heile 165.

3.3.3.3 *Miljøpåverknad*

I og med at tunikata livnærer seg på algar og bakteriar, må ein vere merksam på at populasjonen av desse kan verte redusert ved dyrking av tunikat i store havfarmar. Ei føre-var tilnærming må såleis nyttast, som følgje av stor usikkerheit om effekten på økosystemet.

3.3.4 **Metangass frå husdyr og deponi**

Metangass frå husdyrmøkk og deponi kan nyttast av bakteriar som konsumerer metangassen. Bakteriane nyttar metangassen som karbonkjelde til sin produksjon av protein. Eit slikt produkt kan innehalde opp mot 70 % protein (Skrede et al. 1998; Miladinovic 2017).

Potensialet for biogass frå husdyrgjødsel i Noreg er berekna av Raadal et al. (2011). For Sogn og Fjordane og Hordaland samla er potensialet om lag 200 GWh årleg. En kubikkmeter metan inneheld om lag 10 kWh (Lemvigbiogas, 2009). Biogass inneheld vanlegvis 55-65 % metan (Addison 2002). Om me reknar 60 % metan i biogassen vert potensialet i dei to fylka 12 mill. m³ metan. Metanutslepp frå deponi er om lag 130 GWh for dei to fylka (Raadal et al. 2011). Dette svarer til 13 mill. m³. Totalt frå husdyrgjødsel og deponi er potensialet 25 mill. m³ metan.

Tettleik for metan er 0,656 kg per m³. Dei 25 mill. m³ svarer difor til 16 tusen tonn metan. Karbon utgjør 75 % av molekylvekta til metan. Såleis er det 12,3 tusen tonn karbon i den mengde metan som potensielt kan hentast frå husdyrgjødsel og deponi i dei to fylka.

Dei fleste proteina inneheld 50,6-54,5 % karbon (Zbarskii 2017). Om me nyttar snittverdien på 52,6 % kan me estimere at dei 12,3 tusen tonn karbon i metan potensielt kan gi opphav til 23,4 tusen tonn protein. Men, me lyt trekke i frå den mengde karbon frå metan som går med til å laga bakteriekomponentar som innhald karbon men som ikkje er protein. Me kan anta at det gjennomsnittlege karboninnhaldet i desse andre bakteriekomponentane ikkje er så langt unna det for proteina. Då kan me nytte opplysninga om at 70 % av det tørka bakterieproduktet er protein. Vi trekker altså ifrå 30 %, slik at potensialet i det to fylka vert 16,4 tusen tonn protein årleg frå metangass frå husdyr og deponi.

3.3.4.1 *Bruk i fôr til lakseoppdrett*

Potensialet på 16,4 tusen tonn protein årleg frå utnytting av metangass frå husdyr og deponi vil ikkje kunne dekkje meir enn 3,2 % av dei to fylka sitt behov for fôr til lakseoppdrett.

3.3.4.1 *Bruk i fôr til husdyr*

Om proteinet som kan produserast gjennom utnytting av metan frå husdyrmøkk og deponi skal nyttast som fôr til husdyr ville det kunne dekkje 59 % av behovet i dei to fylka.

3.3.4.2 *Miljøpåverknad*

Ei større utnytting av metangassen til produksjon av protein vil redusere utslepp av denne klimagassen. Dette vil ha stor betydning, av di kvart molekyl metan gir ein drivhusgasseffekt som er 25 gonger kraftigare effekten av CO₂.

3.3.5 Biorestar frå frukt, bær, grønnsaker og ølbrygging

Produksjon av frukt og bær, samt brygging av øl resulterer i biorest. Lindberg et al. (2016) gir ein oversikt over restmengde frå ulike frukt, bær og grønnsakartar. Mask frå ølproduksjon utgjer ca. 31 % av original maltvekt som igjen utgjer årleg 17 000 tonn nasjonalt (Lindberg et al. 2016). Kjemisk samansetning i mask varierer med kva malt som er brukt og kva øl som er brygga, til dømes kan cellulose variere frå 16-25 % og protein frå 15-24 % (Lindberg et al. 2016). I dag vert ein del av masket nytta direkte til husdyrfôr i Noreg, men det meste av resten blir ikkje utnytta (pers. medel. Petter Nome, Bryggeri- og drikkevareforeningen, 22.08.2017).

Det maksimale potensialet kan me estimere ut frå eit scenario der alle restar frå frukt, bær, grønnsaker og ølbrygging vert nytta til fôr. Pressrest frå eple i Noreg er berekna til 1 300 tonn per år (Lindberg et al. 2016). Areal for epledyrking er av SSB oppgitt til 14 400 dekar for heile Noreg, av dette er 7 000 dekar i Sogn og Fjordane og Hordaland (Statistisk Sentralbyrå 2010). Då kan me estimere mengde pressrest frå epledyrking på 632 tonn per år i dei to fylka.

Årleg pressrest frå pære i Noreg er oppgitt til 25 tonn (Lindberg et al. 2016). 89 % av landets areal for pæredyrking er i Sogn og Fjordane og Hordaland (Statistisk Sentralbyrå 2010). Mengde pressrest frå pære i dei to fylka kan difor estimerast til 22 tonn årleg.

Pressrest frå bringebær er estimert til 20 tonn årleg (Lindberg et al. 2016). Sogn og Fjordane og Hordaland har 48 % av landets areal for bringebær dyrking (Statistisk Sentralbyrå 2010). Vi kan då estimere 10 tonn pressrest frå bringebær i dei to fylka.

Frå jordbær er det estimert ein pressrest på 10 tonn årleg i Noreg (Lindberg et al. 2016). Arealet for jordbær dyrking i Sogn og Fjordane og Hordaland er 4 % av heile landet (Statistisk Sentralbyrå 2010). Difor er pressrest frå dei to fylka ikkje meir enn 0,4 tonn per år.

Totalt kan ein då venta om lag 664 tonn pressrest frå frukt og bær i Sogn og Fjordane og Hordaland.

Pressrest frå grønnsak- og potetindustri i Noreg er estimert til 64 150 tonn per år (Lindberg et al. 2016). Potet utgjer 65 % av slik industri (Statistisk Sentralbyrå 2017f,g). Den delen som odlast i Sogn og Fjordane og Hordaland utgjer 1 % av heile landet (Statistisk Sentralbyrå 2012). Ein kan då rekna med ei mengd restråstoff på 427 tonn per år.

Mengd rest frå korn-presisering (cereal) i Noreg er oppgitt til 69 800 tonn per år (Lindberg et al. 2016). Det er svært lite korndyrking i Sogn og Fjordane og Hordaland, kun 170 av landets totale 2 927 450 dekar er avsett til dette (Statistisk Sentralbyrå 2012). Såleis kan me sjå bort frå dette.

Restar frå ølbrygging i Norge er rekna ut til 17 000 tonn per år (Lindberg et al. 2016). Produksjon av øl i Norge er estimert til 224 359 tusen liter (Bryggeri- og drikkevareforeningen 2017). I Sogn og Fjordane og Hordaland vert det bryggja om lag 47 137 tusen liter (pers. medel. Petter Nome, Bryggeri- og drikkevareforeningen). Dei to fylka har difor om lag 21 % av ølbrygging i Noreg. Me kan då venta at restar frå ølbrygging i dei to fylka er på 3 572 tonn årleg. I ei alternativ berekning kan me nytte opplysningar om at det ved ølbrygging vert igjen mask som utgjer 31 % av malt som går med, og at ein nyttar 18-20 kg malt per 100 liter øl (Lindberg et al. 2016). Då vert talet på mask frå ølbrygging i dei to fylka 2 776 tonn årleg. Nyttar me snittet frå dei to metodane å rekna på, så vert talet 3 174 tonn per år.

I sum kan ein såleis i Sogn og Fjordane og Hordaland forvente 4 266 tonn pressrest frå frukt, bær, grønsaker og ølbrygging. Proteininnhaldet kan vi anta er på om lag 20 %, når det er opplyst for hovuddelen mask har proteininnhald på 15-24 % (Lindberg et al. 2016). Da er resultatet eit potensiale på 853 tonn protein per år.

3.3.5.1 Bruk i fôr til lakseoppdrett

Om dei 853 tonn protein frå frukt, bær, grønsaker og ølbrygging vert nytta til fôr i lakseoppdrett vil det ikkje dekke meir enn 0,2 % av behovet for slikt fôr i dei to fylka.

3.3.5.2 Bruk i fôr til husdyr

3,1 % av fôrbehovet til husdyr vil kunne dekkjast med protein frå frukt, bær, grønsaker og ølbrygging.

3.3.5.1 Miljøpåverknad

Vi har ikkje klart å peike på særskilte miljøproblem med ein auka utnytting av biorest frå frukt, bær, grønsaker og ølbrygging. Det er heller slikt at ein kan få positive effektar frå auka bruk av slike bio-restar, jfr. med om desse ressursane ikkje vert nytta.

3.3.6 Rest frå slakteri og fisk

Insekt kan hente ut restproteiniet frå slakteriavfall og fiskeslam. Mengde animalsk rest frå kjøttproduksjon i Norge er berekna til 264 000 tonn per år (Lindberg et al. 2016). Som vist i avsnitt 3.2.2 har Sogn og Fjordane og Hordaland ein årleg kjøttproduksjon på om lag 33 tusen tonn, som utgjer 6,6 % av den nasjonale produksjonen. Om me antar same forhold m.o.t. restmengde, er potensialet i Sogn og Fjordane og Hordaland 17 542 tonn rest per år. Gjennomsnittleg proteininnhald i kjøttrestar kan me estimere til om lag 20 %, ut frå oversikt over proteininnhald i ulike matvarer (Granum 2006). Maksimalt potensiale er difor 3 508 tonn protein per år.

Andersen og Weinbach (2010) har estimert total restmengde frå fisk i Norge til meir enn 1 mill. tonn årleg. Olafsen et al. (2012) har et scenario for 2050 på 20 mill. tonn utkast frå fiskeria og 30 mill. tonn avfall frå ulik tilverking av fiskemat. Dei anslår da at 1,2 mill. tonn nytt fôr til fisk vil kunne produserast frå desse ressursane.

Fiskeridirektoratet har tal på svinn frå oppdrettsanlegg, der innrapportert mengde dødfisk og utkast av laks og aure i Sogn og Fjordane og Hordaland i 2016 var 16 321 000 fisk

(Fiskeridirektoratet 2017a). Om me reknar snittvekt på 2 kg kan me estimere 26 642 tonn i form av dødfisk og utkast.

Mengder oppdrettsfisk slakta i Sogn og Fjordane og Hordaland er vist i Tabell 4. Tala frå 2015 er frå Norsk Fiskerinæring (2016). I tillegg har vi fått opplyst tal for 2016 på slakta mengde og rest (slo+avskjer) for dei 3 slakteria Slakteriet AS avd. Brekke, Slakteriet AS avd. Florø og Martin E Birknes Eftf. AS (pers. meld. Solveig Willis, Salmon Group, 11.09.2017). Vi har nytta same gjennomsnittlege auke i slakta mengde frå 2015 til 2016 for desse tre slakteria (16,67 %), til å rekne ut tal for 2016 på slakta mengde ved dei andre slakteria i tabellen. Mengde slo og avskjer for desse andre slakteria har vi estimert ut frå å nytte same del av slakta mengde som gjennomsnittet (13,53 %) for dei tre slakteria med oppgitt mengde.

Tabell 4 Slakta mengde fisk, slo og avskjer frå slakteri i Sogn og Fjordane og Hordaland (tonn/år)

	2015	2016	2016
Slakteri	Slakta mengde	Slakta mengde	Slo og avskjer
Slakteriet AS, avd. Brekke	11 000	12 833	1 170
Slakteriet AS, avd. Florø	19 000	22 167	2 330
Martin E Birknes Eftf. AS	22 500	26 250	5 500
Bremnes Seashore AS	38 000	44 333	5 997
Austervoll Seafood AS	34 000	39 667	5 366
Lerøy Sjøtroll avd. Brandasund	30 000	35 000	4 734
Sekkingstad AS	26 500	30 917	4 182
Sotra Fiskeindustri AS	16 300	19 017	2 572
Hardanger Fiskeforedlig AS	14 200	16 567	2 241
Espevær Laks AS	12 000	14 000	1 894
Hardanger Fjellfisk	64	75	10
Sum	223 564	260 825	35 996

Kjelde: Norsk Fiskerinæring (2016); Pers. meld. Solveig Willis, Salmon Group, 11.09.2017

Utrekninga viser at total mengde dødfisk, utkast, slo og avskjer frå fiskeoppdrett i dei to fylka i 2016 var 62 638 tonn. Om me nyttar same estimat som Olafsen et al. (2012) omtalt over, om at 1,2 mill. tonn nytt proteinfôr kan produserast frå 50 mill. tonn restressurs, kan me rekne ut at dei 62 638 tonn rest kan gi opphav til 1 503 tonn nytt fiskefôr i dei to fylka. Med eit proteininnhald på 30-50 % (Skjeremo et al. 2014) inneber dette årleg proteinmengde i området 451-752 tonn, med snittverdi på 601 tonn.

Mengde villfisk og skaldyr landa i Norge var 2 104 710 tonn i 2016, av dette 272 480 tonn i Sogn og Fjordane og Hordaland (Fiskeridirektoratet 2017b). Altså blei 12,9 % landa i dei to fylka. Dumpa villfisk og skaldyr i Norge i 2011 vart estimert til 196 500 tonn (RUBIN 2012). Vi kan estimere talet for 2016 ut frå mengde landa i 2011, som var 2 046 922 (Fiskeridirektoratet 2017b). Det var altså ei auke på 2,8 % frå 2011 til 2016, noko som tyder at dumpa villfisk og skaldyr i 2016 kan reknast til 202 048 tonn. Dumpa villfisk og skaldyr i Sogn og Fjordane og Hordaland er 12,9 % av dette, såleis 26 157 tonn. Om me igjen nyttar eit estimat om at 1,2 mill. tonn nytt proteinfôr kan produserast frå 50 mill. tonn restressursar, kan me rekne ut at dei 26 157 tonn restressursane kan gi opphav til 628 tonn nytt fiskefôr i dei to fylka. Med proteininnhald på 30-50 % inneber dette proteinmengde i området 188-314 tonn, med snittverdi på 251 tonn.

Samla mengde protein frå slakteri og fisk i Sogn og Fjordane og Hordaland vert då 4 361 tonn per år.

3.3.6.1 Bruk i fôr til lakseoppdrett

Den årlege mengda av protein på 4 361 tonn frå slakteri og fisk kan dekkje 0,9 % av fôrbehovet til lakseoppdrett i dei to fylka.

3.3.6.2 Bruk i fôr til husdyr

Dei 4 361 tonn protein frå slakteri og fisk kan erstatte 15,9 % av proteinet som i dag nyttast i husdyrfôr i dei to fylka.

3.3.6.3 Miljøpåverknad

Vi kan heller ikkje sjå at ei auka nytting av rester frå slakteri og fisk kan gi nemneverdige miljøproblem. Mykje av dette avfallet går til pelsdyroppdrett i dag, ei næring i nedgang.

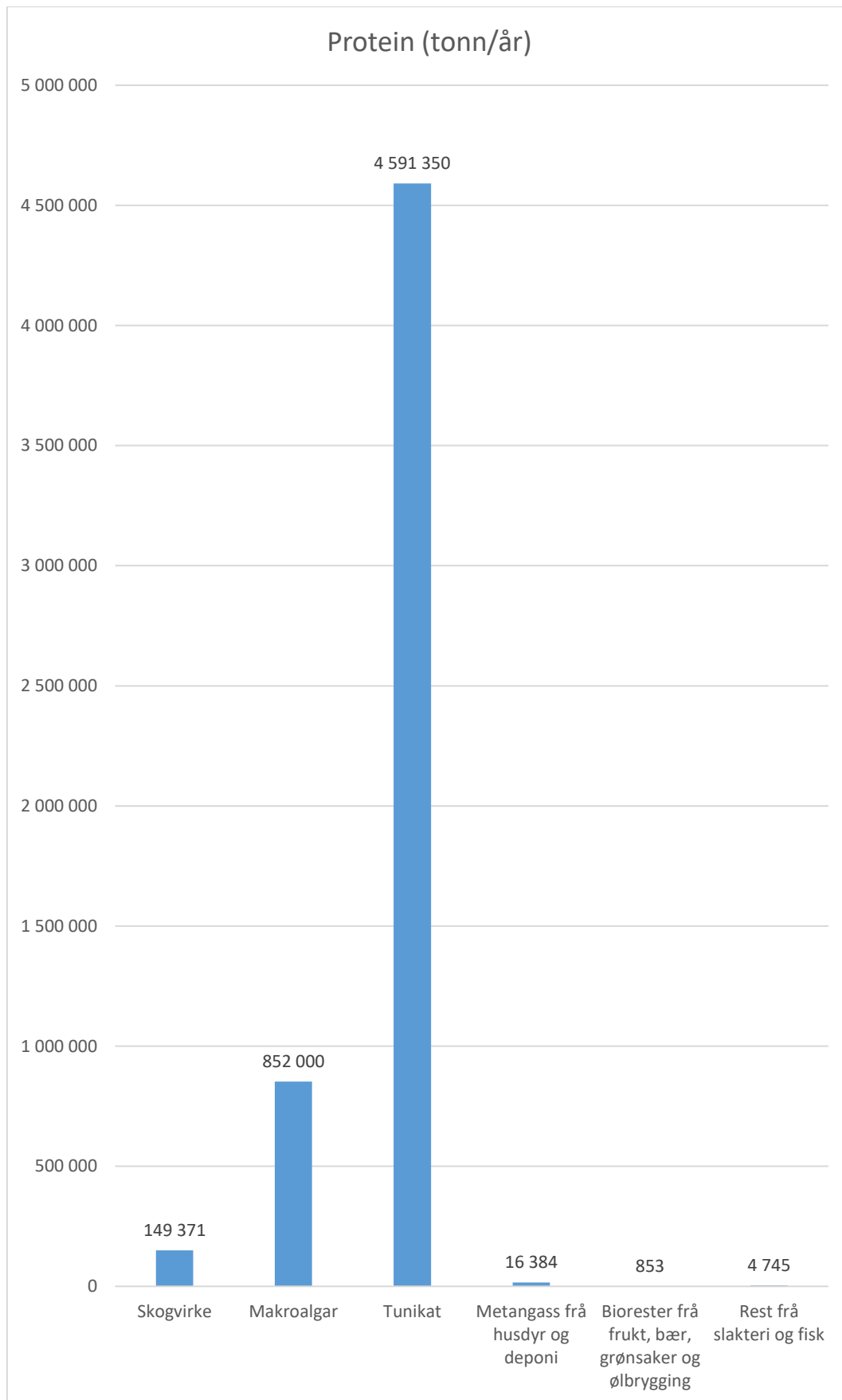
3.3.1 Oppsummering

I Tabell 5 nedanfor viser me oversikt over potensiale for nytt fôrprotein frå ulike kjelder i Sogn og Fjordane og Hordaland, samt dekningsgrad av samla fôrbehov i dei to fylka.

Tabell 5 Oversikt over potensiale for nytt fôrprotein frå ulike lokale kjelde i Sogn og Fjordane og Hordaland, samt dekningsgrad av fôrbehov

Kjelde	Protein (tonn/år)	Dekking av fôrbehov (1=100%)	
		Akvakultur	Husdyrhold
Skogvirke	149 371	0,292	5,378
Makroalgar	852 000	1,667	30,674
Tunikat	4 591 350	8,982	165,301
Metangass frå husdyr og deponi	16 384	0,032	0,590
Biorester frå frukt, bær, grønsaker og ølbrygging	853	0,002	0,031
Rest frå slakteri og fisk	4 361	0,009	0,157

Potensiale for nytt fôrprotein frå ulike kjelder er vist grafisk i Figur 1.



Figur 1 Potensiale for nytt fôrprotein frå ulike lokale kjelder i Hordaland og Sogn og Fjordane.

4 Karakterisering av eigna produksjonslokalitetar for proteinfôr frå lokal biomasse

4.1 Introduksjon til arbeidspakken

I arbeidspakke 3 (AP3) har me freista å karakterisere eigna produksjonslokalitetar for proteinfôr frå biomasse og restressursar frå landbruk, næringsmiddelindustrien og havbruk/fiske. Vi har gjennomført ei enkel regional analyse og vurdert potensiale for utnytting av lokal biomasse og restråstoff/avfall frå vegetabiliske og animale kjelder frå grøn sektor (landbruk, skogbruk, næringsmiddelindustri, avløy og deponi) og blå sektor (akvakultur, fiskeforedlingsindustri). Vi har prøvd å finne svar på forskings spørsmålet:

Kva er dei lokalitetsavhengige eigenskapane ved produksjonssystema for proteinfôr frå Vestnorske ressursar?

4.2 Metode

I oppstartsmøtet med prosjektgruppa vart det drøfta ulike føresetnader for å finne eigna stader å produsere protein i dei to fylka, basert på biomasse eller restressursar frå grøn og blå sektor. Vi vart samde om at vi måtte lage ei oversikt og samanstilling over produksjon av restressursar og biomasse frå landbruk, skogbruk og fiske/akvakultur. Andre forhold som kan vere viktige for å etablere proteinproduksjon er at det er tilgjengeleg fornybar kraft i området, sidan proteinproduksjon er ein energikrevjande prosess. Vi meiner at det òg er viktig med gründerånd og evne til nyskaping innafor primærnæringane, og at det var viktig å finne parameter og talgrunnlag som kunne brukast for å rangere mellom dei ulike kommunane også på desse forholda. Det er innhenta data og statestikk frå Landbruksdirektoratet^{1,2}, SSB³, KommuneProfilen⁴, Fylkesmannen⁵, Miljødirektoratet⁶, Proff næringsregister⁷, NVE sin vasskraftdatabas^{8,9}, NVE sitt vindkraftkart og Fiskeridirektoratet¹⁰. Data er også innhenta gjennom innspel frå prosjektgruppedeltakarar på e-post og møter.

Data er presentert og analysert i eit Excel skjema og sortert inn i *Grøn sektor* som rommar landbrukstal (jord og skogbruk), næringsmiddelindustri, slakteri/meieri, kjøtt og vilt, drikkevareindustri, og avløy/slam frå avløpsanlegg og deponi (metangass). *Blå sektor* rommar tal på kapasitet slakt matfisk, kapasitet settefisk, algar til for/konsum og fiskeforedlingsbedrifter. Vi har også samanlikna kommunane i dei to fylka på bedriftsutvikling (nyskaping og tal sysselsette spesielt for primærnæringane) og tilgjengeleg kraftproduksjon i kommunen i form av vasskraft, vindkraft og spillvarme frå

¹<https://www.landbruksdirektoratet.no/no/leveransedata/slaktleveranser?leveranser=slakt&leveransetype=SAU&varekategori=&leveranseaar=2016&fylke=HORDALAND>

²<https://www.landbruksdirektoratet.no/no/leveransedata/slaktleveranser?leveranser=slakt&leveransetype=SAU&varekategori=&leveranseaar=2016&fylke=SOGN+OG+FJORDANE&kommune>

³<https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri>

⁴www.kommuneprofilen.no

⁵www.fylkesmannen.no

⁶<http://www.norskeutslipp.no/no/Listesider/Virksomheter/?SectorID=600>

⁷<https://www.proff.no/>

⁸<https://gis3.nve.no/link/?link=nettanlegg>

⁹<https://www.nve.no/energiforsyning-og-konsesjon/vannkraft/vannkraftdatabas/>

¹⁰http://www.fiskeridir.no/register/akvareg/?m=utl_lok&s=1

storindustri. Vi har rangert kvar enkelt kommune etter mengde, tal bruk, volum etc. ved hjelp av fargekoder for dei 6 største i kvar kategori. Til slutt er det gjort ei heilskapleg vurdering for alle lokalitetsavhengige eigenskapar i grøn og blå sektor for å finne dei mest eigna områda for pilotanlegg og industrialisering basert på råstofftilgang, energioverskot, behov for fôr i lokalmarknaden etc.

Det er brukt tilgjengeleg og gratis kartinformasjon frå Yggdrasil¹ (Fiskeridirektoratet), Fylkesatlas² og NVE.no for å generere kart som viser lokalisering av akvakulturanlegg i fylka biomassefordeling på anlegga, anlegg og hausteområde for makroalgar³, kjerneområde skogbruk, lam/sau pr. km² og storfe sleppt. Utslepp frå konsesjonsbelagt industri er vist også for å betre sjå lokaliseringa av næringsmiddelindustri og større industribedrifter i dei to fylka.

4.3 Resultat for Sogn og Fjordane

4.3.1 Grøn sektor

Data for grøn sektor er gitt i Tabell 6 og Tabell 7 nedanfor. Det er ikkje uventa **Gloppen** kommune som har mest kortreist tilgang på animalsk biomasse og restressursar frå jordbruket. Kommunen er den største i tal gardsbruk, mjølkeproduksjon og tal storfe, og nr. 2 på slakt av gris og sau/lam. I kommunen ligg det største meieriet i fylket, Tine meieri avd. Byrkjelo, i tilknytning til dette ligg det også eit stort avløpsanlegg på Byrkjelo, som genererer ein del slam pr. år. Kommunen er også den største i fylket i pelsdyrnæringa, der heile dyret vert bioavfall etter slakting, sidan berre pelsen vert nytta.

For vegetabilsk biomasse er kommunen størst på tal skogbruk og ligg på femteplass i tal m³ avverking av skog, og er den sjetteste produsenten av frukt og bær i fylket og nr. 2 på produksjon av poteter og grønsaker (Tabell 7). Kommunen sin vasskraftproduksjon er på 435 GWh, og er vist i Tabell 9. Gloppen har såleis god tilgang på kortreist fornybar kraft tilgjengeleg for proteinproduksjon (tørking, oppvarming, hygenisering etc). Det ligg også eit nedlagt deponi, Ivahola avfallsplass i kommunen, der det kan vere mogleg å utnytte metangass til proteinproduksjon i etterdriftstida.

¹ <https://kart.fiskeridir.no/share/90eb382ea4fa>

² <https://www.fylkesatlas.no/>

³ <http://www.lister.no/naering/prosjekt/530-makroalger/1026-taredyrking-i-norge-hvor-og-hem>

Tabell 6 Oversikt over tal frå landbruket i Sogn og Fjordane (2016).

Kommune	LANDBRUKSTAL SOGN OG FJORDANE (2016)								Skogbruk		
	tal bruk	Tonn slaktegris	Mjølkekvote mill liter	Tal storfe	Tonn slakt sau	tal tisper mink	tal tisper rev	Frukt og bær (dekar)	Potet og grønnsaker (dekar)	m3 avvirka skog	tal skogbruk
Askvoll	120	192,1	5 483 543	2 515	73			0	1	30	3
Aurland	62	3,8	239 475	234	80			44	19	0	2
Balestrand	49	0	464 422	267	33			333	6	4 912	8
Bremanger	92	0	671 568	423	49			0	0	85	7
Eid	192	0,3	7 706 801	2 863	104			78	8	18 461	19
Fjaler	126	62,6	4 681 459	1 934	57			0	0	5 368	4
Flora	161	108,5	2 661 167	1 432	81			2	1	476	4
Førde	142	343,7	5 947 490	2 822	126			0	20	7 136	12
Gaular	178	41	6 758 575	2 975	92			0	6	6 050	9
Gløppen	311	358,6	15 134 991	5 636	188	1 815	1 245	603	53	13 564	19
Gulen	115	30,4	4 467 657	2 049	52	1 735		0	0	15 436	3
Hornindal	80	267,1	4 882 605	1 785	31			0	2	295	2
Hyllestad	58	10,7	1 264 469	798	10			0	1	13 045	2
Høyanger	81	26,7	2 621 835	913	36			0	2	2 575	4
Jølster	184	132	10 331 694	3 547	107		225	0	0	5 644	6
Leikanger	53	20,1	53 007	43	49			499	0	151	0
Luster	271	41,8	5 467 843	2 494	274			685	19	762	4
Lærdal	114	16,3	1 301 499	706	134	1 800		669	1 140	0	1
Naustdal	128	6	4 529 390	2 042	76			0	0	370	6
Selje	63	0	1 425 782	675	50			0	0	36	1
Sogndal	203	2,2	3 605 368	1 906	180			863	1	3 845	6
Sølund	23	0	281 621	116	22			0	0	0	0
Stryn	303	382,5	11 161 229	4 472	152		350	954	25	30 325	18
Vik	183	0	4 857 270	1 845	172			743	29	14 252	7
Vågsøy	32	0	62 884	119	14			0	0	0	3
Årdal	11	0	0	0	25			14	0	28	3

I Tabell 6 er kommunen med høgast produksjon, areal eller tal dyr innan kvar kategori markert med mørk oransje farge, kommunen med nest høgast er markert med lysare oransje farge mens kommunane med 3-6 høgast er markert med gul farge.

Nabokommunen **Stryn** har også rikeleg tilgang på biomasse frå landbruket. Frå animalske kjelder er kommunen den største på slakt av gris i fylket, er nest størst i fylket på tal gardsbruk, mjølkeproduksjon og tal storfe (Tabell 6). I tillegg ligg Nordfjord Kjøtt i Loen, som genererer slakteavfall og slam frå avløpsanlegget sitt og Alexandra Hotel i Loen som produserer store mengder avløpsvatn, som igjen genererer slam som kan utnyttast til proteinproduksjon (Tabell 7). For vegetabiliske kjelder er Stryn den kommunen i fylket som avverkar mest skog målt i m³, og er største kommunen for produksjon av frukt og bær (Tabell 6). Kommunen har ein del vasskraftproduksjon (132 GWh), som kan nyttast til proteinproduksjon (Tabell 9).

Tabell 7 Tal frå næringsmiddelindustrien, drikkevareindustrien og avløp/slam/deponi i Sogn og Fjordane.

Kommune	SLAKTERI/MEIERI		Næringsmiddelindustri	KJØTT OG VILT	Drikkevareindustri	AVLØP/SLAM/DEPONI		
	tal bedrifter	tal bedrifter	totalt tal bedrifter	Tal bedrifter	tal bedrifter (2016)	tal anlegg m oppsamling slam	kap 14 anlegg	DEPONI aktive etterdri
Askvoll				5	2	1	2	
Aurland				5	3	2	6	
Balestrand				2		0		
Bremanger				2	1	0	6	1*
Eid				5	3	1	1	
Fjaler				3	2	1	2	
Flora				9	2	2	20	18
Førde	1			6	2	0	1	1
Gaular				2		1	5	
Gloppen		1		9	4	1	7	1
Gulen				3		0	4	1*
Hornindal				0		0	3	
Hyllestad				1		0	3	
Høyanger				1		0	5	1*
Jølster				3		0	4	
Leikanger				1		1	1	
Luster				8	2	0	3	
Lærdal				4	2	0	1	
Naustdal				2		0	1	
Selje				6	3	0	3	
Sogndal	1			4	1	3	1	1
Solund				3		0		
Stryn	1			5	4	2	1	
Vik				3	3	0		
Vågsøy				13		0	6	
Årdal				2		1	3	

I Tabell 7 er den kommunen med høgast produksjon, areal eller tal dyr innan kvar kategori markert med mørk oransje farge, kommunen med nest høgast er markert med lys oransje farge mens dei kommunane med 3-6 høgast er markert med lys gul farge. Med Kolonna "kap 14 anlegg" syner tal på avløpsanlegg som har eit samla utslepp større enn eller lik 2 000 personekvivalenter (pe) til ferskvatn og elvemunning eller større enn 10 000 pe til sjø, og som Fylkesmannen er ureiningsmynde for.

Andre kommunar som genererer relativt store mengder biorestar og restressursar frå grøn sektor er **Jølster** og **Førde**. Jølster er tredje største kommune i tal storfe og mjølkeproduksjon (Tabell 6), medan Førde produserer jamt biomasse frå landbruket (Tabell 6) og har eit stort slakteri (Nortura) og eit stort kommunalt reinseanlegg på Øyrane, som genererer ein del slam som kan utnyttast til proteinproduksjon (Tabell 7).

Ein godt eigna stad for plassering av eit pilotanlegg for proteinproduksjon i denne regionen, kan også vere ved Mo og Jølster Vidaregåande skule, som eit ledd i utvikling av landbruksutdanninga ved skulen.

4.3.2 Blå sektor

I blå sektor er det **Flora** kommune som peiker seg ut som ein god lokalitet for restressursar frå akvakulturnæringa og fiskeforedling. Kommunen er den største på kapasitet for settefisk og tal bedrifter, og nest størst på tal bedrifter innan fiskeforedling.

Det er også store haustefelt for tare utanfor kommunen (Tabell 8). Det er fiskefôrproduzent allereie etablert i kommunen, gjennom Cargill Aqua Nutrition Norway (tidligere EWOS Norge). Kommunen er god på bedriftsutvikling, og er nest størst på tal nye bedrifter i 2016 og er nest størst på tal sysselsette i fylket. Flora produserer lite fornybar energi som kan brukast i proteinproduksjon pr. i dag, men kommunen har fått konsesjon på vindkraftverk som vil produsere rundt 195 GWh (Tabell 9).

Nabokommunen **Bremanger** er nest størst på kapasitet for settefiskproduksjon og er femte største kommune for kapasitet innan matfiskproduksjon (Tabell 8), med intensiv produksjon ytst i Nordfjorden. Bremanger er den fjerde største vasskraftprodusenten i fylket (1 460 GWh) og har såleis god tilgang til fornybar kraft og kan også utnytte spillvarme frå Elkem sitt smelteverk i Svelgen (Tabell 9). Nærleik både til Vågsøy og Flora og høve til transport med båt mellom lokalitetane, kan gjere denne regionen veldig attraktiv for utvikling av proteinproduksjon.

Andre gode lokalitetar for proteinproduksjonsanlegg basert på biorestar frå havet er **Askvoll** som er største kommunen på kapasitet på matfiskproduksjon og er fjerde størst på algeproduksjon (Tabell 8). **Gulen** har også ein del potensielle biorestar frå havet, kommunen er størst på algeproduksjon i fylket og nr. 3 på kapasitet innan matfiskproduksjon (Tabell 8). Gulen har også to fiskeforedlingsverksemdar som genererer bioavfall som kan utnyttast til proteinproduksjon.

Andre moglege lokalitetar for proteinproduksjon basert på biomasse og restressursar frå blå sektor er **Selje** og **Vågsøy** kommune. Fiskeavfallet i denne regionen vert i dag i hovudsak utnytta til fôrproduksjon til fisk og husdyr (olje og protein), gjennom Måløy Sildoljefabrikk.

Tabell 8 Tal for akvakultur og fiskeforedling i Sogn og Fjordane (2016).

Kommune	AKVAKULTUR SOGN OG FJORDANE			Fiskeforedling	
	Kapasitet tonn slakt matfisk	Kapasitet settefisk (tonn)	Alger til for/ konsum (dekar)	tal bedrifter	tal bedrifter
Askvoll	13 260		820	38	0
Aurland				1	
Balestrand				1	
Bremanger	5 460	1 675		40	1
Eid				3	
Fjaler	4 680	240		13	
Flora	6 225	2 027		53	2
Førde				2	
Gaular				2	
Gloppen	780	180		3	
Gulen	8 110	0	2 415	23	2
Hornindal				0	
Hyllestad	1 560			6	
Høyanger	5 645	380	1 200	6	
Jølster				0	
Leikanger		250		1	
Luster	1			2	
Lærdal				0	
Naustdal	2 340			2	
Selje	9 360			35	1
Sogndal	66	205		2	
Solund	3 900	110	912	40	
Stryn				0	
Vik		250		1	
Vågsøy	780			50	5
Årdal				0	

I Tabell 8 er tal for kommunen med høgast produksjon, areal, tal bedrifter eller kapasitet fisk innan kvar kategori markert med mørk oransje farge, kommunen med nest høgast er markert med lys oransje farge og dei kommunane med 3-6 høgast er markert med lys gul farge.

4.3.3 Næringsutvikling

Det er ikkje enkelt å finne gode tal som kan illustrere gründerevne i ein kommune og vilje til å satse på utvikling innan primærnæringane. Vi har her sett på tal nye bedrifter

som vart starta i 2016 totalt og pr. 100 innbyggjar, vi har også sett på % vis sysselsette innan primærnæringane. Desse tala sett i samanheng kan seie noko om evna regionen har til nyskaping innan primærnæringane. Proteinproduksjon vil kunne etablerast som store samvirkeordningar, der mange småskala produsentar går ilag om produksjon, eller i småskalaanlegg der ein utnyttar bioresten lokalt på gardsbruka eller i nærleiken av akvakulturanlegga.

Solund er den kommunen med mest sysselsette i primærnæringane med 22 %, fylgt av Askvoll 17,6 %, Selje 14,1 % og Gulen 11 % (Tabell 9). Tal nye bedrifter pr. 100 innbyggjar er høgast for Aurland, fylgt av Selje, Sogndal, Gulen, Hornindal og Jølster (Tabell 9).

4.3.4 Fornybar kraftproduksjon

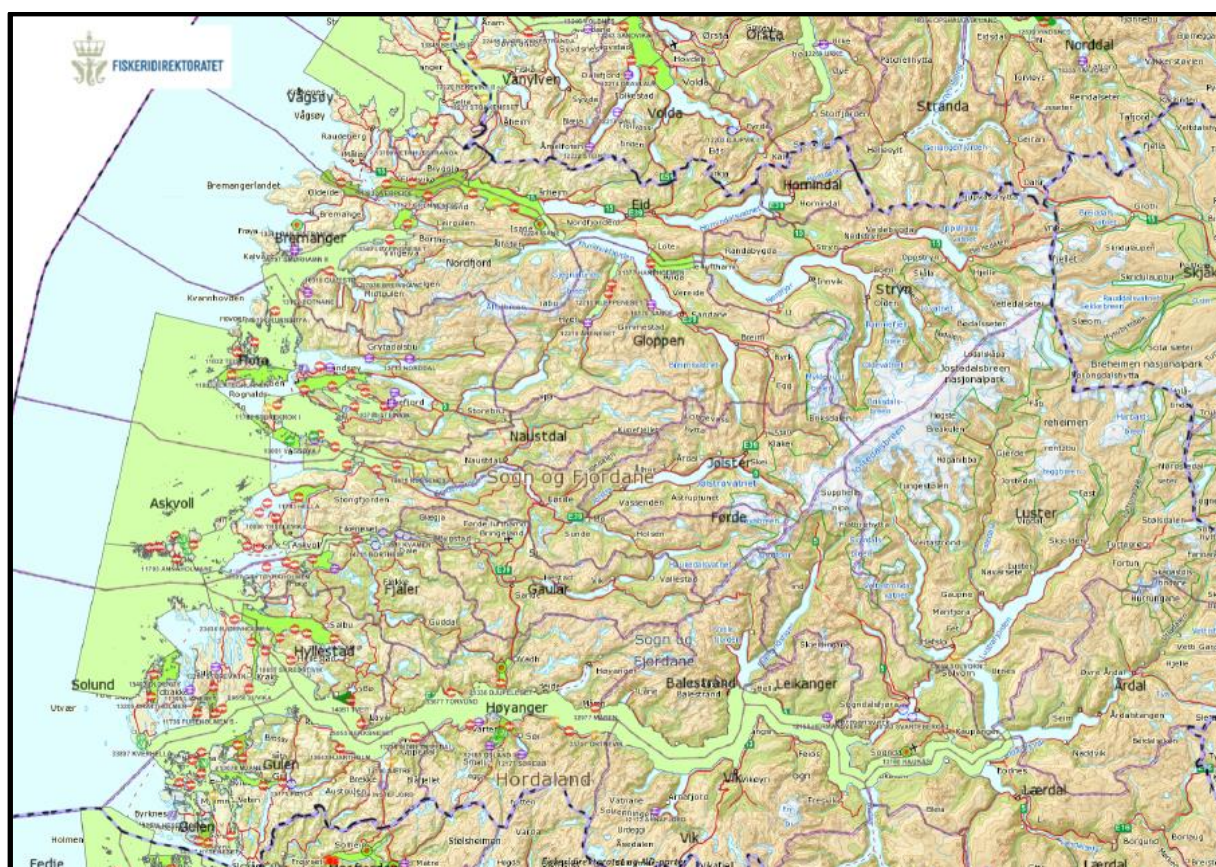
I Sogn og Fjordane er det utanom Bremanger kommune, stort sett kommunane i Sogn som står for mesteparten av vasskraftproduksjonen i fylket (Tabell 9). Aurland produserer mest vasskraft, fylgt av Luster, Årdal, Bremanger, Lærdal, Høyanger, Vik. Vindkraft er ikkje særleg utbygd til no i fylket, men det er gitt konsesjon for utbygging av vindkraft i Flora (195 GWh), Bremanger (130 GWh), Selje (93 GWh), Vågsøy (76 GWh) og Fjaler (55 GWh). Det regionale kraftlinjenettet og distribusjonsnettverket er godt utbygd i Sogn og Fjordane, og har spenningsnivå frå 220 kV og heilt ned til lågspentnett for hushalds-einingar (NVE.no). Tilgang på lokal fornybar kraft er såleis ikkje nokon avgrensande faktor for å etablere proteinproduksjon i fylket.

Spillvarme frå store smelteverk og aluminiumsindustrien finn ein i kommunane Bremanger, Høyanger, Årdal og Vik (Tabell 9).

Tabell 9 Tal frå bedriftsutvikling og fornybar kraftproduksjon i Sogn og Fjordane (2016).

Kommune	Bedriftsutvikling (2016)				KRAFT PRODUKSJON		
	tal nye	nye/pr. 100 innbyggere	tal sysselsette totalt	% sysselsatt primærnæring	Vasskraft GWh	Vindkraft gitt konsesjon GWh	Spillvarme frå industri (tal anlegg)
Askvoll	23	0,76	1 112	17,6	86,8		
Aurland	24	1,36	884	3,7	3 442,4		
Balestrand	12	0,93	545	4,0	222,2		
Bremanger	25	0,65	1 579	8,4	1 460,7	130	1
Eid	52	0,86	2 888	4,9	20,5		
Fjaler	20	0,71	1 339	7,7	52,6	55	
Flora	92	0,77	5 561	5,1	37,7	195	
Førde	104	0,81	9 334	2,0	176,0		
Gaular	17	0,58	986	8,2	55,1		
Gløppen	47	0,81	2 745	7,0	436,0		
Gulen	24	1,01	1 241	11,0	52,8		
Hornindal	12	1,00	418	8,9	0,0		
Hyllestad	10	0,72	700	8,3	49,3		
Høyanger	24	0,58	1 681	5,4	1 302,5		2
Jølster	29	0,96	1 014	9,1	483,9		
Leikanger	12	0,52	1 673	2,0	0,0		
Luster	32	0,63	2 010	9,3	3 072,6		
Lærdal	19	0,87	1 041	6,2	1 391,1		
Naustdal	19	0,67	638	10,5	18,7		
Selje	30	1,08	1 114	14,1	6,8	93	
Sogndal	80	1,02	4 525	2,8	376,8		
Solund	6	0,76	341	22,0	0,0		
Stryn	47	0,66	3 734	6,2	132,9		
Vik	24	0,89	1 281	9,1	922,4		1
Vågsøy	52	0,86	3 054	4,7	2,0	76,2	
Årdal	35	0,65	2 709	0,4	2 106,3		3

I Tabell 9 er tal for den kommunen som har flest nye bedrifter, tal sysselsette eller kraftproduksjon i GWh markert med mørk oransje farge, kommunen med nest høgast tal med lys oransje farge og dei kommunane med 3-6 høgast med lys gul farge.



Figur 2 Kart som viser type akvakulturanlegg og produksjonsintensiteten i vassførekomstar i Sogn og Fjordane
Kjelde: Fiskeridirektoratet.no, Interaktivt kart¹

Teiknforklaring til Figur 2:

- | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|---|---------------------|
| Akvakultur - lokaliteter | | Produksjonsintensitet - vannforekomster | |
| | Matfisk laks, ørret, regnbueørret | | 0 |
| | Særtillatelser | | <50 t/km2 gj.snitt |
| | Settefisk laks, ørret, regnbueørret | | >50 t/km2 gj.snitt |
| | Stamfisk laks, ørret, regnbueørret | | >100 t/km2 gj.snitt |
| | Slaktemerd | | >150 t/km2 gj.snitt |
| | Andre arter/formål | | >200 t/km2 gj.snitt |
| | Bløtdyr, krepsdyr, pigghuder | | >300 t/km2 gj.snitt |
| | Alger | | |

4.3.5 Oppsummering produksjonslokalitetar Sogn og Fjordane

Etter ei samla vurdering av bedriftsutvikling, kraftproduksjon og tilgang på biomasse og restressursar frå grøn sektor (landbruk, næringsmiddelindustri) vurderer vi Gloppen kommune til å vere eit veldig godt val for etablering av proteinfôrproduksjon. Andre gode lokalitetar er Stryn kommune, Førde og Jølster. Dei to sistnemnde går snart saman i den nye storkommunen i Sunnfjord.

For blå sektor (fiskeoppdrett, algeproduksjon og fiskeforedling) vurderer vi Flora kommune til å vere veldig godt eigna for plassering av proteinfôrproduksjon basert på

¹ <https://kart.fiskeridir.no/share/34a8be764b0e>

marin biomasse/restressursar. Andre gode lokalitetar er Bremanger, Askvoll, Gulen, Selje og Vågsøy.

4.4 Resultat for Hordaland

4.4.1 Grøn sektor

I Hordaland er det **Voss** kommune som har mest tilgjengeleg biorestar frå landbruket og næringsmiddelindustrien (Tabell 10 og Tabell 11). Kommunen er den største kommunen i Hordaland på tal gardsbruk, mjølkeproduksjon, tal storfe, tonn slakt av lam og sau, men også på tal skogbruk (Tabell 10). Kommunen har i tillegg fleire verksemdar innan næringsmiddelindustrien, mellom anna Tine Meieri avd. Voss og har stort avløpsanlegg med eit samla utslepp over 2000 personekvivalenter til ferskvatn (regulert av kap.14 i ureiningsforskrifta, med løyve frå Fylkesmannen) som genererer slam frå næring og hushaldningar (Tabell 11). Voss har også god tilgang på fornybar vasskraft 1 646 (GWh) (Tabell 12) og har allereie ei bedrift som har etablert seg innan insektsproduksjon på landbruksavfall/ plantebasert bioavfall, Invertapro AS.

Tabell 10 Tal for grøn sektor, landbrukstal for Hordaland fylke (2016).

Kommune	LANDBRUKSTAL (2016)							SKOGBRUK				
	Tal bruk	Tonn slaktegris	Mjølkekvote (mill liter)	Tal storfe	Tonn slakt sau	tal mintkisper	tal revetisper	frukt og bær (dekar)	Potet og grønnsaker (dekar)	m ³ avvirka skog	tal skogbruk	
Askøy	42			0	0	29,6			7	0	2 332	2
Austevoll	41		549 822	175	32,7			1		0	3 132	1
Austrheim	26		695 674	627	24,1			0		0	1 423	1
Bergen	189	34,1	1 334 071	919	58,6			6		0	37 160	31
Bømlo	107	253,8	1 038 614	504	97,2			2		0	14 539	4
Eidfjord	22		415 792	179	23,4			14		0	0	1
Etne	173	923,5	7 701 240	3 630	173,4			6		0	1 995	9
Fedje	2		0	0	3,5			0		0	0	0
Fitjar	70	132,3	2 284 748	1 126	22,5			8		0	3 596	1
Fjell	41	0,8	0	28	37,0			0		0	1 235	2
Fusa	107	7,1	2 341 109	1 047	51,9			0		0	29 691	7
Granvin	47		1 069 152	448	41,0			29		0	2 491	7
Jondal	42		2 638 586	798	31,2			78		0	3 472	1
Kvam	236	0,2	6 977 396	2 388	136,8		290	674	290	0	12 508	15
Kvinnherad	273	8,2	11 712 146	5 241	187,8			10		0	27 475	17
Lindås	216	28,0	3 322 157	2 115	181,5			8		0	27 764	15
Masfjorden	71		1 115 114	391	54,8			0		0	46	2
Meland	64		1 352 355	518	38,6	10	65	6	75	0	5 901	1
Modalen	12		335 745	0	6,2			0		0	314	1
Odda	70	118,8	446 083	224	64,7			90		0	183	5
Os	46	2,0	1 612 484	851	8,5			3		0	10 958	7
Osterøy	129	67,1	4 174 546	2 431	59,0		225	2	225	0	7 409	4
Radøy	155	17,9	4 316 175	1 804	97,8			1		0	22 352	7
Samnanger	25	0,3	419 399	137	13,5			0		0	2 508	0
Stord	71	15,5	1 044 443	580	35,4			3		0	21 284	7
Sund	19		238 420	138	14,2			0		0	397	1
Sveio	151	915,1	2 942 241	1 646	163,6			35		0	193	3
Tysnes	85	0,7	1 533 490	572	40,9			19		0	18 345	7
Ullensvang	266	0,9	758 424	251	80,6			6 037		0	19 781	9
Ulvik	64		711 936	249	69,5			590		0	12 885	11
Vaksdal	58	5,1	2 561 991	638	55,1			27		0	391	2
Voss	449	209,2	18 713 334	6 256	331,3			7		0	30 604	33
Øygarden	22	19,2	242 338	92	24,5			0		0	121	0

I Tabell 10 er tal for den kommunen med høgast produksjon, areal eller tal dyr innan kvar kategori markert med mørk oransje farge, kommunen med nest høgast med lys oransje farge og dei kommunane med 3-6 høgast med lys gul farge.

Kvinnherad kommune er den kommunen som har nest mest tilgang på animalsk biomasse, den har gardsbruk, mjølkeproduksjon, tal storfe og tonn slakt lam/sau (Tabell 10). Det er også ein del avverking av skog, og det er 13 sagbruk og høvleri lokalisert i kommunen (Proff.no). Kvinneherad er den tredje største vasskraftprodusenten i fylket

med 2 665 GWh, så det er rikeleg med fornybar kraft tilgjengeleg for proteinproduksjon (Tabell 12).

Kvam kommune er ein kommune som har jamt over bra med produksjon av animalsk biomasse, og er i tillegg den største produsenten av potet og grønsaker og nest største produsenten av frukt og bær etter Ullensvang kommune (Tabell 10). Det er tilgang på fornybar vasskraft i kommunen, som produserer 516 GWh, og det kan utnyttast spillvarme frå Elkem Bjølvefossen som produserer ferrolegeringar¹.

Tabell 11 Tal for Grøn sektor: næringsmiddelindustri, drikkevareindustri og avløp, slam og deponi i Hordaland.

Kommune	SLAKTERI MEIERI		Kjøtt og vilt Næringsmiddelindustri		Drikkevareindustri	AVLØP/SLAM/DEPONI		
	tal bedrifter	tal bedrifter	tal bedrifter	tal bedrifter	tal bedrifter	tal anlegg	kap 14 anlegg	Deponi aktive + etterdrift
Askøy			1	9	0	41	30	
Austevoll				8	0			
Austrheim				1	0			
Bergen	1	1	21	79	14	12	25	2
Bømlo				9		11		
Eidfjord				1		5		
Etne			4	9		2		
Fedje				1				
Fitjar				1	1	1		1
Fjell				7	1	19	6	1
Fusa				3		8		
Granvin	1		2	5		1		
Jondal						1	2	
Kvam		1	3	6		7	5	
Kvinnherad			3	11		11		
Lindås			1	5	1			1
Masfjorden			2	3		8		
Meland				1		17		
Modalen						1		
Odda				1		6	2	1*
Os			4	9		6	5	
Osterøy			1	6				1
Rødøy			1	4		5		
Samnanger				1		5		
Stord				7		5	14	
Sund				7		7		
Sveio				2	1			
Tysnes				4		4		
Ullensvang				5	4	13		
Ulvik				1	2			
Vaksdal			2	6		1		
Voss		1	7	13	5	9	1	1
Øygarden						8		

I Tabell 11 er tal for den kommunen med høgast produksjon, areal eller tal dyr innan kvar kategori markert med mørk oransje farge, kommunen med nest høgast med lys oransje farge og dei kommunane med 3-6 høgast med lys gul farge. Kolonna "kap 14" viser tal avløpsanlegg som har eit samla utslepp større enn eller lik 2 000 personekvivalenter (pe) til ferskvatn og elvemunning, eller større enn 10 000 pe til sjø, og som Fylkesmannen er ureiningsmynde for.

Ein kommune som også har eit bra potensiale for bioestar frå grøn sektor er **Bergen** Kommune. Kommunen avverkar mest m³ skog, har både meieri og slakteri (Tabell 10), og mange verksemder innan næringsmiddelindustrien og drikkevareindustrien som genererer ein del bioavfall (Tabell 11). Bergen har også mange avløpsanlegg med slamutskiljing (Andersen og Weinbach 2010). Desse anlegga kan nyttast til proteinproduksjon. Bergen har fleire verksemder som driv med overflatebehandling av

¹ www.norskeutslipp.no

metall og jernproduksjon, i tillegg til avfallsforbrenningsanlegg som genererer spillvarme og energi som kan nyttast til proteinproduksjon.

Metangass frå gjødsel, slam og kommunale hushaldsdeponi kan også utnyttast til bakterieproduksjon, der bakteriane vert ei proteinrik kjelde. Det er eit kommunalt deponi på Voss og to i Bergen kommune.

4.4.2 Blå sektor

Austevoll kommune er størst på kapasitet slakt av matfisk i Hordaland (Tabell 12). Kommunen har også høgast produksjon av makroalgar. I tillegg har kommunen flest akvakulturbedrifter og to fiskeforedlingsverksemdar (Tabell 12 og Figur 3). Austevoll har også høgast del sysselsette innan primærnæringane. Men, som dei fleste kystkommunar har Austevoll lite fornybar kraft tilgjengeleg, eller store industriverksemdar som genererer spillvarme.

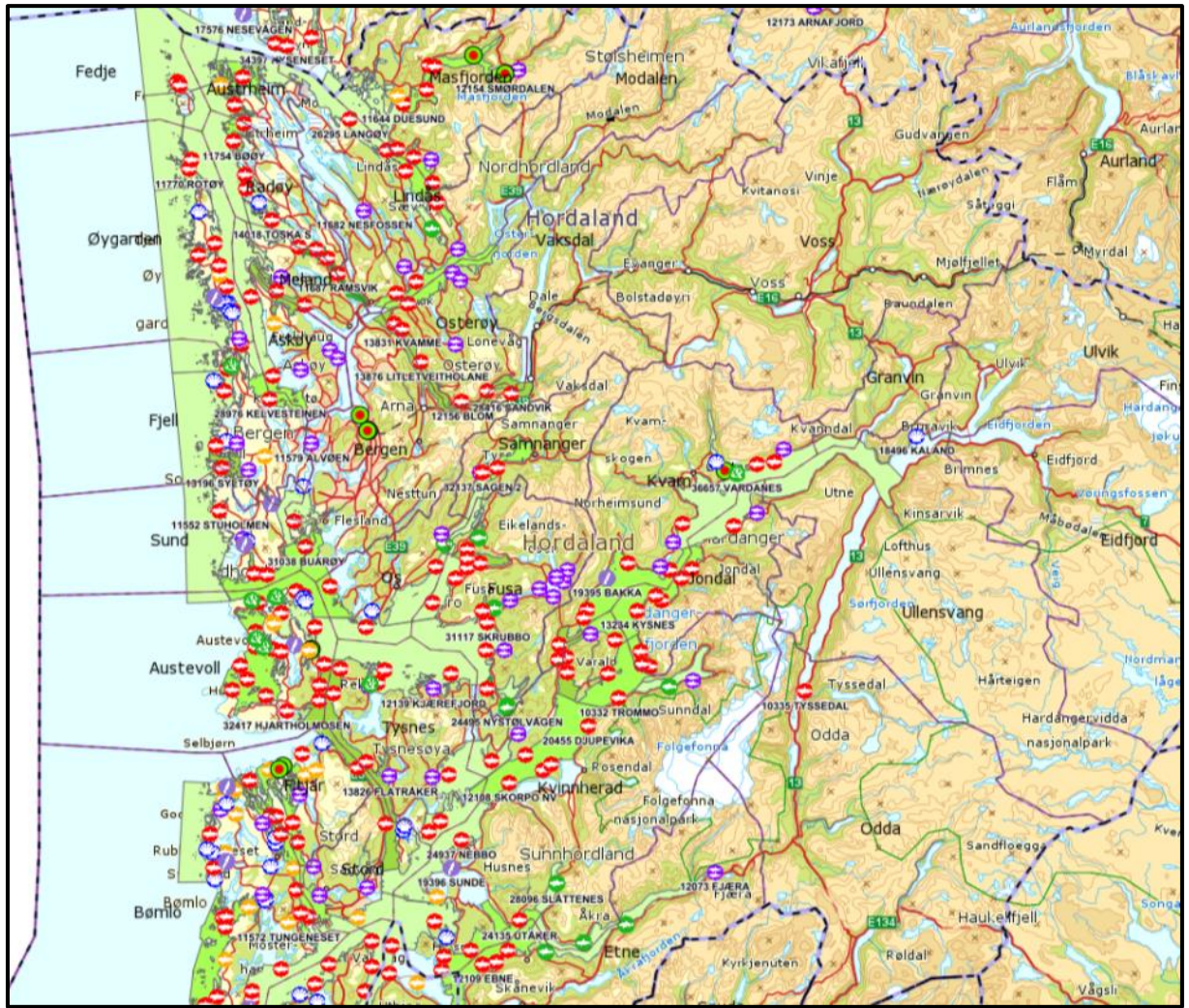
Den kommunen som har nest høgast potensiale for biomasse frå blå sektor er **Bømlo** kommune. Kommunen har nest høgast kapasitet på matfisk produksjon, er femte største kommunen innan settefiskproduksjon, har nest flest akvakulturverksemdar og har 2 fiskeforedlingsbedrifter (Tabell 12 og Figur 3). Bømlo har heller ingen vasskraftproduksjon eller store industriverksemdar som genererer spillvarme.

Andre kommunar som har eit potensiale for animalsk og vegetabilsk biomasse frå blå sektor er **Fusa** kommune og **Øygarden** kommune. I Fusa er det litt kraftproduksjon og i Øygarden er det spillvarme frå tre industriverksemdar som kan utnyttast, i tillegg er det gitt konsesjon på vindkraftverk som maksimalt kan produsere 30 GWh (Tabell 13).

Tabell 12 Tal frå blå sektor (akvakulturanlegg og fiskeforedlingsindustri) for Hordaland.

Kommune	AKVAKULTUR				FISKEFOREDLING
	Kapasitet tonn slakt matfisk	Kapasitet settfisk (tonn)	Alger til for/ konsum (Dekar)	tal bedrifter	(tal bedrifter)
Askøy	0,0	640,0		17	1
Austevoll	8 790,0	25,0	1 462	107	2
Austrheim	780,0			11	
Bergen	26,0	381,0		72	
Bømlo	7 900,0	1 370,0		99	2
Eidfjord	0,0				
Etne	1 560,0	750,0		6	
Fedje	0,0			3	
Fitjar	1 885,0	2 115,0		11	
Fjell	1,3	10,0	17	29	
Fusa	5 590,0	2 553,8		21	
Granvin					
Jondal		250,0		6	
Kvam	1 100,0	1 775,0	540	10	
Kvinnherad	1 235,0	455,0		36	1
Lindås	1 560,0	1 075,0		10	
Masfjorden	4 180,0	580,0	720	8	
Meland	1 560,0	1 150,0		3	
Modalen					
Odda	71,5			2	
Os	2 390,0	200,0		27	
Osterøy		200,0		5	1
Radøy	4 400,0			6	
Samnanger		1 530,0		2	
Stord		1 300,0		9	
Sund	2 618,6	20,0		36	3
Sveio		200,0	8	18	
Tysnes		890,0		12	
Ullensvang					
Ulvik					
Vaksdal				3	
Voss				2	
Øygarden	3 860,5	965,0	896	24	

I Tabell 12 er tala for den kommunen med høgast produksjon, areal, tal bedrifter eller kapasitet fisk innan kvar kategori markert med mørk oransje farge, kommunen med nest høgast med lys oransje farge og dei kommunane med 3-6 høgast med lys gul farge.



Figur 3 Kart som viser type akvakulturanlegg og produksjonsintensiteten i vassførekomstar i Hordaland
 Kjelde: Fiskeridirektoratet

Teiknforklaring for Figur 3:

- | | |
|---|--|
| Akvakultur - lokaliteter | Produksjonsintensitet - vannforekomster |
| <ul style="list-style-type: none"> Matfisk laks, ørret, regnbueørret Særtillatelser Settefisk laks, ørret, regnbueørret Stamfisk laks, ørret, regnbueørret Slaktemerd Andre arter/formål Bløtdyr, krepsdyr, pigghuder Alger | <ul style="list-style-type: none"> 0 <50 t/km2 gj.snitt >50 t/km2 gj.snitt >100 t/km2 gj.snitt >150 t/km2 gj.snitt >200 t/km2 gj.snitt >300 t/km2 gj.snitt |

4.4.3 Fornybar kraftproduksjon

Eit fellestrekk ved kystkommunane, som har stort potensiale for proteinproduksjon frå marine bioråstoff, er også i Hordaland at dei ikkje produserer særleg store mengder fornybar kraft. Dei store kraftkommunane er også i dette fylket, lokalisert lengre inn i landet der fjellet reiser seg. Det regionale kraftlinjenettet og distribusjonsnettverket er godt utbygd også i Hordaland, med spenningsnivå frå 220 kV og heilt ned til lågspenningsnettet til hushald¹. Tilgangen på lokal fornybar kraft vert såleis ikkje ein avgrensande faktor i lokalisering av proteinproduksjon i fylket. Men, for å utnytte ikkje-magasinerbar fornybar kraft (mikro-/småkraft, vind, sol og bølgekraftverk), så vert det meir viktig å få utnytta denne lokalt og plassere energikrevjande industri, som t.d. proteinproduksjon nær energiproduksjonsstaden. Det er no gitt konsesjon for utbygging av vindkraft i Øygarden, og vindkraftanlegget i Fitjar er i drift, noko som kan danne grunnlag for t.d. lokal produksjon av protein i korte sirkulære næringskjeder innan bioøkonomien.

Tabell 13 Tal for bedriftsutvikling, sysselsetting og fornybar kraftproduksjon i Hordaland.

Kommune	Bedriftsutvikling				KRAFT PRODUKSJON		
	tal nye	nye/100 innbygger	tal sysselsette totalt	% sysselsette i primærnærings	Vasskraft GWh	Vindkraft gitt konsesjon (GWh)	Spillvarme frå industri (tal anlegg)
Askøy	241	0,85	7 933	1,2			
Austevoll	45	0,88	2 776	17,9			
Austrheim	25	0,87	1 072	2,2			
Bergen	3 628	1,31	160 530	0,3	37,5		9
Bømlo	102	0,87	4 624	6,5			
Eidfjord	9	0,97	392	2,0	3 545,4		
Etne	50	1,22	1 661	8,4	215,0		
Fedje	6	1,04	214	1,4			
Fitjar	28	0,89	1 223	7,8	8,2	450	
Fjell	235	0,94	11 071	1,2			1
Fusa	35	0,9	1 949	9,7	151,6		
Granvin	6	0,65	319	9,1	33,0		
Jondal	11	1	397	11,8			
Kvam	54	0,64	3 635	8,6	516,4		1
Kvinnherad	104	0,78	5 434	6,4	2 665,9		1
Lindås	142	0,91	6 742	3,6	6,9		2
Masfjorden	14	0,82	603	7,8	1 716,3		
Meland	60	0,77	2 154	2,2			1
Modalen	7	1,84	227	1,3	1 099,1		
Odda	80	1,15	3 519	0,9	3 516,4		3
Os	233	1,18	5 777	2,3	0,2		
Osterøy	56	0,7	2 694	3,9	95,3		
Radøy	48	0,95	1 465	5,5			
Samnanger	16	0,65	578	3,5	516,3		
Stord	143	0,76	9 138	0,5	12,3		
Sund	54	0,77	1 667	5,7			
Sveio	56	1	1 475	11,9			
Tysnes	20	0,72	1 152	14,9	5,5		
Ullensvang	25	0,74	1 219	8,1	135,4		
Ulvik	13	1,16	410	11,5	99,6		
Vaksdal	24	0,58	1 232	2,3	1 389,7		
Voss	124	0,86	7 007	4,1	1 646,1		
Øygarden	29	0,6	1 605	7,9		30	3

I Tabell 13 er tal for den kommunen med høgast tal for nye bedrifter, tal sysselsette eller kraftproduksjon i GWh, markert med mørk oransje farge, kommunen med nest høgast med lys oransje farge og dei kommunane med 3-6 høgast med lys gul farge.

4.4.4 Bedriftsutvikling, sysselsetting

Tal nye bedrifter som vert danna i Hordaland i 2016, seier noko om kor mykje innovasjon og nyskaping det er i dei ulike kommunane. Store, folkerike kommunar har relativt sett fleire nyskapingar enn dei mindre kommunane, difor har vi gitt opp tal nye bedrifter pr. 100 innbyggjarar også. Kor mange sysselsette det er i kommunen totalt og kor mange av

¹ <http://www.nve.no/>

desse som prosentvis er sysselsett i primærnæringane, gir eit bilete på kor store næringane fiske, jordbruk og skogbruk er i kommunane. Austevoll ligg på topp i Hordaland over kor mange prosent som er tilsette i primærnæringane, medan Bergen kommune har høgast tal nye bedrifter totalt og er nest best i tal nye bedrifter pr. 100 innbyggjarar.

4.4.5 Oppsummering produksjonslokalitetar Hordaland

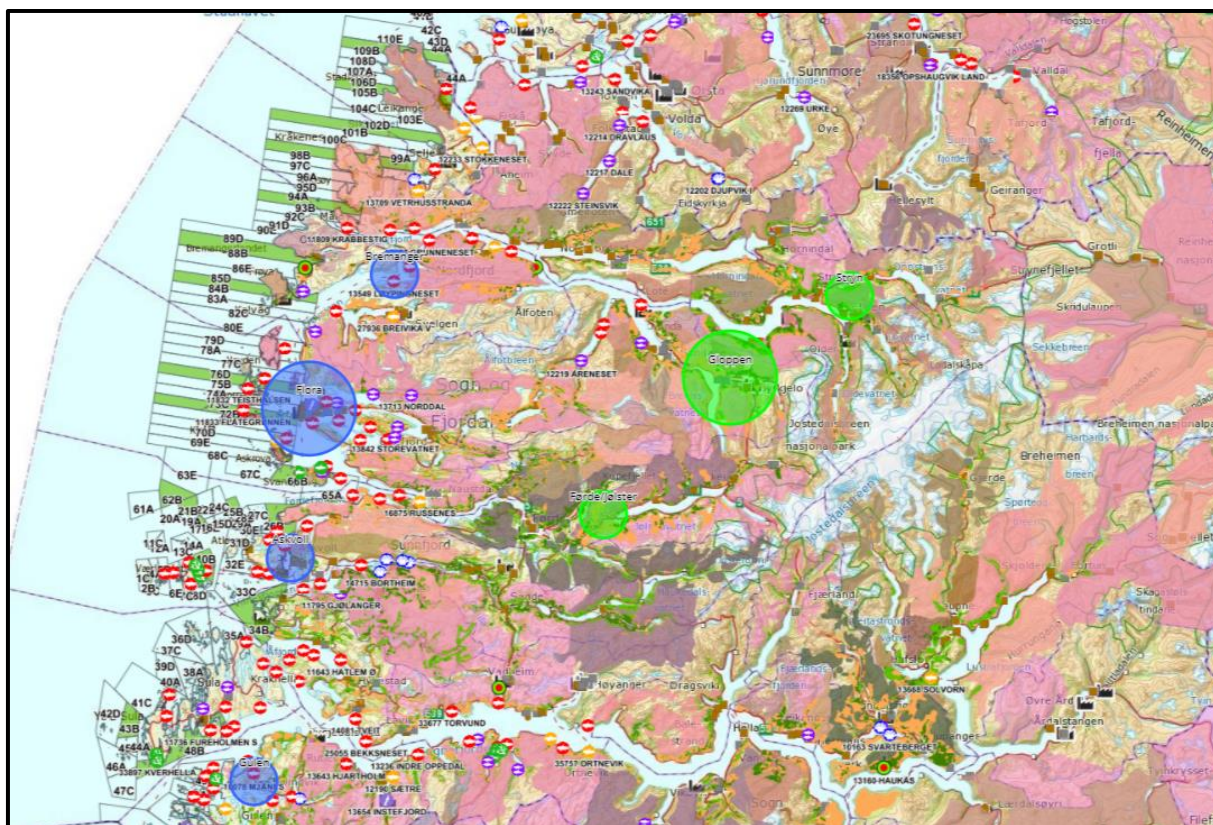
Etter ei samla vurdering av bedriftsutvikling, kraftproduksjon og tilgang på biomasse og restressursar frå grøn sektor (landbruk, næringsmiddelindustri) i Hordaland, vurderer vi Voss kommune til å vere eit veldig god val for etablering av proteinfôrproduksjon. Andre gode lokalitetar er Kvinnherad kommune, fylgt av Kvam og Bergen kommune.

For blå sektor (fiskeoppdrett, algeproduksjon og fiskeforedling) vurderer vi Austevoll kommune til å vere veldig godt eigna for plassering av proteinfôrproduksjon basert på marin biomasse/restressursar. Andre gode lokalitetar er Bømlo, Fusa og Øygarden kommune.

4.5 Kartframstilling produksjonslokalitetar

For å lage kartframstillingar av egna produksjonslokalitetar for proteinproduksjon i dei to Vestlandfylka er det brukt tilgjengeleg og gratis kartinformasjon frå Fylkesatlas.no for å generere kart som viser lokalisering av akvakulturanlegg i fylket, biomassefordeling på anlegga, anlegg og hausteområde for makroalgar, kjerneområde skogbruk, lam/sau pr. km² og storfe sleppt. Utslepp frå konsesjonsbelagt industri er vist også for å betre sjå lokaliseringa av næringsmiddelindustri og større industribedrifter i dei to fylka.

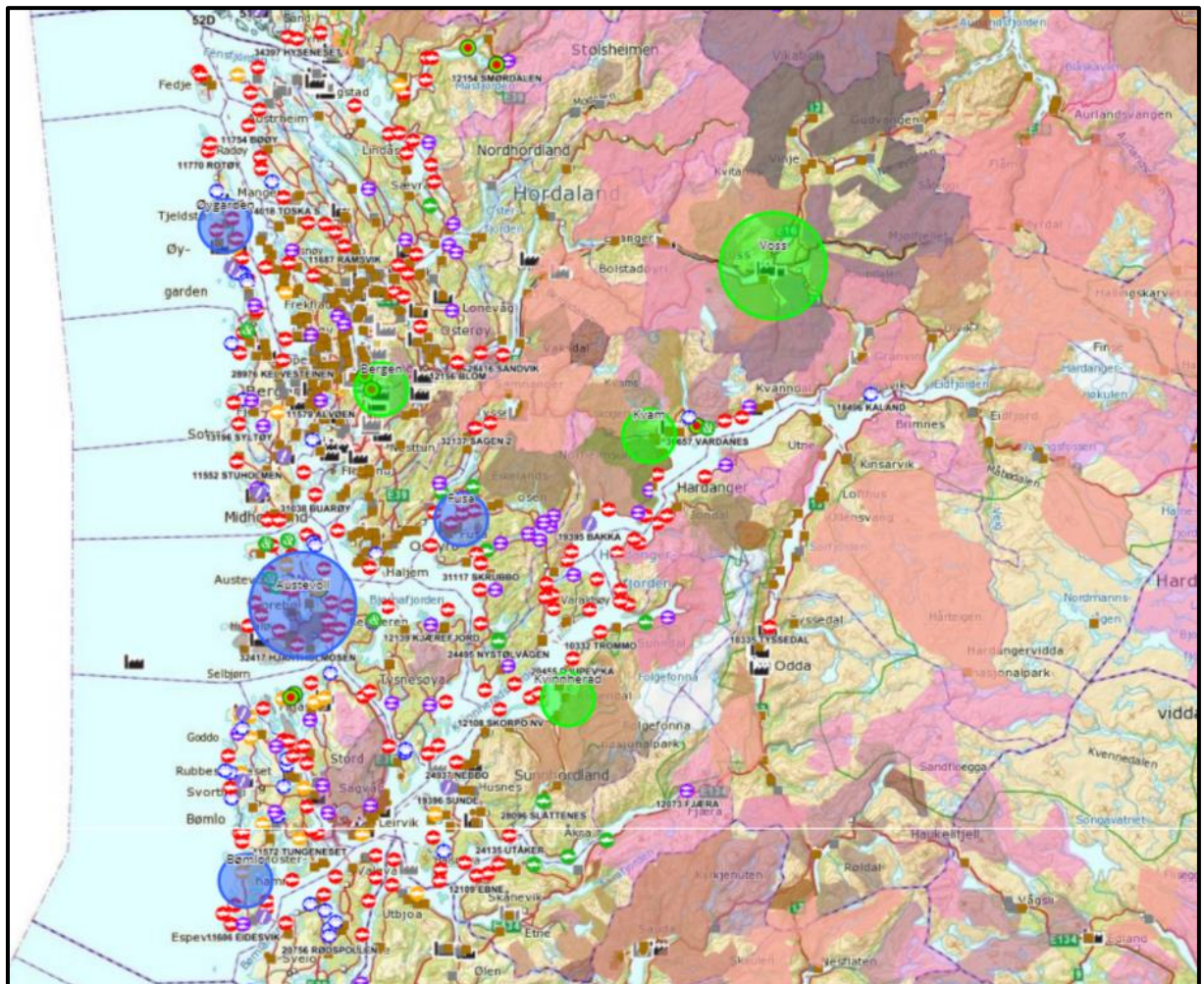
Produksjonsstader knytt til biomasse frå grøn sektor er i Figur 4 og Figur 5 markert med grønne sirklar, og produksjonslokalitetar knytt til biomasse frå blå sektor er markert med blå sirklar. Store sirklar indikerer beste lokalisering ut frå den regionale analysen som er gjort. Interaktivt kart er tilgjengeleg på <https://www.fylkesatlas.no/share/8616824369f1>.



Figur 4 Egna produksjonslokalitetar for biomasse i Sogn og Fjordane.

Teiknforklaring for Figur 4:





Figur 5 Egna produksjonslokalitetar for biomasse i Hordaland.

Teiknforklaring for Figur 5:



5 Kartlegging av regelverk for biobasert fôrproduksjon

5.1 Introduksjon til arbeidspakken

I Arbeidspakke 4 har me kartlagt dei utfordringar og avgrensingar som er knytt til regelverk for råstoffbasert fôrproduksjon. Regelverket er bestemt av norske forskrifter og lover, og føringar frå EU. Mattilsynet er kontrollorgan for at forskrifter og lover vert fylgd. Me har freista å svare på eitt forskings spørsmål:

- *Korleis er forskrifter og lover tilpassa produksjon av fôr frå restråstoff og andre alternative proteinkjelder?*

5.2 Aktuelle forskrifter og lover

Matloven (Lov om matproduksjon og mattrygghet, LOV-2003-12-19-124, sist endra LOV-2015-06-19-65) omhandlar mellom anna innsatsvaretryggleik (§ 17)¹. Det er forbod mot å omsette fôr eller gje fôret til dyr som kan bli til næringsmidlar dersom fôret ikkje er trygt. Fôr vert sett på som ikkje trygt dersom det er helsefarleg for menneske eller dyr.

Fôrvareforskriften (FOR-2002-11-07-1290) gjeld produksjon, innførsel, utførsel, omsetting og bruk av fôr til dyr². I forskrifta er det fastsett kva som er uønskt stoff i fôr og råstoff, og sett grenseverdier for desse. Stoffa er lista opp i vedlegg 1 til forskrifta. Generelt er det sett grenseverdier for forureinande stoff, nitrogenhaldige stoff, mykotoksiner, naturlege plantegiftstoff, organiske klorhaldige forbindelsar, pcb og dioksiner. Forskrifta seier at fôr som inneheld genmodifiserte organismar/ substrat ikkje er tillate, men at det finst visse unntak. Vidare set fôrvareforskrifta krav til hygenisering av fôrvarene.

Fôrvarekatalogen (EU-Forordning 68/2016, EU-Kommisjonsforordning 68/2013) listar opp stoff som er godkjent som fôr. Produkt i denne katalogen må sjekkast opp mot dei avgrensingane som ligg i Fôrvareforskriften.

Forskrift om forbod mot bruk av animalsk protein i fôr til produksjonsdyr (FOR-2007-03-29-511) seier at det generelt er forbod mot å omsette og bruke protein av animalsk opprinning (PAP) til drøvtyggarar og til produksjonsdyr. Forskrifta gir likevel nokre unntak frå dette forbodet. Forskrifta sine avgrensingar vert omtala nærare under aktuelle råstoffkjelder. Forskrifta må sjåast i samanheng med animaliebiproduktforskrifta.

Animaliebiproduktforskriften (FOR-2016-09-14-1064) stadfestar kva restar og korleis restar frå dyr kan nyttast til fôr³. Generelt kan blod, bein, hud og fiskeavfall frå slakteanlegg nyttast, men ikkje til drøvtyggarar. Forskrifta må brukast saman med Forskrift om forbod mot bruk av animalsk protein i fôr til produksjonsdyr.

Endringar i EU regelverket for protein av animalsk opphav (PAP) (*Sante 2016/10539*) vart gjeldande 1. juli i 2017⁴. Sante 2016/10539 opnar for bruk av prosessert PAP frå insekt til produksjon av fôr til akvakultur under visse tilhøve. Regelverket vil mest truleg verte tatt inn i EØS-avtalen, og i norsk gjennomføringsforskrift. Mattilsynet hadde ute høyring på bruk av insekt til fôr med høyringsfrist 10.05.2017. EU regelverket (*Sante 2016/10539*) vil føre til endringar i animaliebiproduktforskrifta.

¹ <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2003-12-19-124?q=matloven>

² <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2002-11-07-1290?q=f%C3%B4rvare>

³ <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-09-14-1064?q=animaliebiprodukt>

⁴ https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/initiatives/ares-2016-6396619_en

TSE-forskriften (Forskrift om førebygging av, kontroll med og utrydding av overførbare spongiforme encefalopatier, FOR-2004-03-30-595, sist endra FOR-2017-05-09-589) har som føremål å førebyggje, ha kontroll med og utrydde overførbare spongiforme encefalopatier (TSE) som kan overførast frå dyr til dyr eller frå dyr til menneske. Endringar i TSE-forskrifta vil truleg kome basert EU regelverket (Sante 2016/10539).

I tillegg kjem *Forskrift om merking og omsetning av fôrvarer* (FOR-2011-04-02-360, sist endra FOR-2016-10-19-1217). Denne forskrifta er ikkje omtala i dette notatet. Dei ulike forskriftene og føringane dei gir, vert omtala meir nedanfor

5.3 Regelverk tilpassa produksjon av fôr frå ulike kjelder

5.3.1 Trevirke

Restar av trevirke vert rekna som vegetabilsk restavfall. Det er fôrvareforskrifta som legg føringar, og som set føringar på bruk til fôr. Innhald av uønskte stoff er mest aktuelt og som eventuelt kan setje avgrensingar på bruken. Proteinrike sopp og bakteriar som lever på trevirke, og som har potensiale som fôr vert omtala under.

5.3.2 Makro- og mikroalgar

Algar (makro- og mikro) er ikkje omfatta av animaliebiproduktforskrifta eller TSE-forskrifta då dei ikkje er av animalsk opphav. Bruken er regulert av Matloven § 17 (vere trygt å ete) og fôrvareforskrifta (uønskte stoff og grenseverdier for desse).

I ein rapport frå NIFES (Duinker et al. 2016) er innhald av mellom anna tungmetall, PCB og radioaktive stoff i makroalgar oppsummert basert på tidlegare og pågåande forskingsarbeid. Oversikten her kan brukast for å evaluere potensiale for ulike artar av makroalgar som proteinkjelde i høve til reguleringar i regelverk. Norske makroalgar kan innehalde meir arsenikk og kadmium enn det som er tillate i fôr og i mat. Også innhaldet av jod er for høgt i enkelte artar (Duinker et al. 2016). Generelt er det brunalgar som inneheld meir arsenikk, kadmium og jod samanlikna med enn det som er tillate i Fôrvareforskrifta. Fingertare (*Laminara digitata*) er ein av artane med høgt innhald av tungmetall. I og med at innhald av uønskte stoff varierer med årstida kan haustetid tilpassast slik at ein kjem under grenseverdier for aktuelle stoff.

Mikroalgar kan dyrkast i ulike medium. Innhald av uønskte stoff i mikroalgane og mest sannsynleg i vekstmediet vil setje grenser for bruk som fôr (Fôrforskriften). Avfallsvatn frå slakteri for fisk vil truleg kunne brukast som dyrkingsmedium for mikroalgar, då fiskeavfall frå slakteri kan nyttast som fôr til fisk (Forskrift om forbod mot bruk av animalsk protein i fôr til produksjonsdyr). Slam kan innehalde tungmetall og patogener, det er usikkert om slam kan nyttast som vekstmedium for mikroalgar. I fylgje Mattilsynet (pers.medel.) kan ikkje insekt fôrast med slam og gjødsel, det same kan gjelde mikroalgar. Det må undersøkjast i kva grad mikroalgane tek opp tungmetall og andre uønskte stoff frå vekstmediet.

5.3.3 Tunikat

Tunikat er sjølevande dyr som et mikroorganismar i havet. Tunikata skal, fordi dei er dyr, omfattast av Forskrift om forbod mot bruk av animalsk protein i fôr til produksjonsdyr. I kva grad dette gjeld/vert endra på må undersøkjast med Mattilsynet.

5.3.4 Sopp og bakteriar

Når det gjeld produksjon av protein frå sopp/bakteriar er det i fôrvarekatalogen lista opp ulike gjærings(bi)produkt frå mikroorganismar som kan brukast som fôr og kva substrat

dei kan leve på. Det er sett avgrensingar til innhald av stoff som er brukt i prosessering (skumdempande middel, filtrerings-/klaringshjelpemiddel og propionsyre). Fleire av artane som er nemnt i arbeidspakke 1 er godkjende som proteinkjelde til fôr. Substrat som mikroorganismane kan leve på er også omtala i fôrvarekatalogen. Til dømes kan bakterien *Methylococcus capsulatus* når den er dyrka på naturgass, ammoniakk, metanol og mineralsalt brukast som proteinkjelde. Substrat av vegetabilsk opphav er også nemnt som godkjende substrat, til dømes fruktsaft, sukker, mjølkesyre, alkohol, korn- og stiveprodukt.

5.3.5 Restavfall frå frukt, grønsaker og kornprodukt

Frukt, grønsaker og korn er vegetabilske produkt, og produksjon av fôr frå desse skal forvaltast av fôrvareforskrifta. Det er innhaldet av uønskte stoff som er viktig for bruken som fôr. Varene kan brukast direkte som fôr eller omdannast via til dømes insektlarver og mikroorganismar. Regelverk og retningslinjer for fôr basert på insektlarver vert omtala under og mikroorganismar vart omtala over.

5.3.6 Animalsk restavfall

Generelt er det forbod mot å omsette animalsk restavfall som fôr til dyr (forskrift om forbod mot bruk av animalsk protein i fôr til produksjonsdyr). Det er vidare forbode å omsette og bruke omarbeida animalsk protein (animaliebiproduktforskrifta). Det er likevel nokre aktuelle unnatak; 1) mjølk og mjølkeprodukt, 2) egg og eggeprodukt, 3) gelatin frå andre dyreartar enn drøvtyggarar, 4) di- og trikalsiumfosfat av animalsk opphav som fôrvare til andre artar enn drøvtyggarar, 5) hydroliserte protein frå hud og skinn av drøvtyggarar eller andre animalske biprodukt og dyreartar enn drøvtyggarar, 6) blodprodukt av blod frå andre dyreartar enn drøvtyggarar som fôr til ikkje drøvtyggande produksjonsdyr, 7) blodmjøl frå andre dyreartar enn drøvtyggarar til fôring av akvakulturdyr, 8) fôring med animalsk protein til kjøttetande pelsdyr. Oppsummert vil det seie at regelverket særleg avgrensar bruk av animalsk protein til drøvtyggjarar: animalsk protein frå drøvtyggarar kan berre brukast til pelsdyr (unnatak er hydroliserte protein frå hud og skinn), at drøvtyggjarar ikkje kan ete animalsk protein, men at animalsk protein basert på blodprodukt frå ikkje drøvtyggande dyr kan nyttast i fôr til ikkje drøvtyggjande dyr.

5.3.7 Restavfall frå fiskeoppdrett

Avfall frå fisk vert regulert av Forskrift om forbod mot bruk av animalsk protein i fôr til produksjonsdyr og animaliebiproduktforskrifta. Fiskemjøl kan nyttast som fôr til produksjonsdyr når mjølet er produsert på godkjende anlegg som berre lagar produkt frå fisk. Fiskemjøl kan produserast av biprodukt frå akvakulturdyr som er slakta for humant forbruk (sjå vedlegg 3 i Forskrift om forbod mot bruk av animalsk protein i fôr til produksjonsdyr). Fiskemjøl kan ikkje stamme frå fisk av same art (kannibalisme).

5.3.8 Insekt

Produksjon av fôr frå insekt er enno ikkje godkjent i Noreg, men som tidlegare omtala har Mattilsynet sendt på høyring endringar i TSE forskrifta som omhandlar insekt brukt som fôr. Endringane er godkjende i EU, og vil mest truleg verte godkjende i EØS-området og i Noreg. Produkt av insektlarver vil verte omfatta av animaliebiproduktforskrifta og forskrift om TSE. Insektlarver vert i forskriftene omfatta av omgrepet virvellause landdyr, og sett på som produksjonsdyr. Det vil leggje avgrensingar på kva larvene kan fôrast med, på lik linje med andre produksjonsdyr. Det vil igjen seie at alle forskrifter nemnt i dette notatet er aktuelle.

I høyringsbrevet frå Mattilsynet er artane svart soldatfluge (*Hermetia illusence*), stor mjølbille (*Tenebrio molitor*), liten mjølbille (*Alphitobius diaperinus*), husfluge (*Musca domestica*) og eit fåtal sirisser nemnt som aktuelle (som i Sante 2016/10539).

5.4 Oppsummering over kjelder for proteinrikt fôr og avgrensingar lagt i lovverket

I Tabell 14 har vi summert opp dei kjelder for proteinrik fôr og avgrensingar som lovverket setter på deira bruk.

Tabell 14 Oversikt over kjelder for avgrensingar knytt til lovverk

Alternativ kjelde for protein	Fôrvareforskrifta Fôrkatalogen	Animaliebiprodukt-forskrifta	Forskrift om forbod mot bruk av animalsk protein	TSE-forskrifta	Matlova
Mikro- og makroalgar	Sett grenseverdi for uønskte stoff				Skal vere trygt for menneske og dyr
Fiskeprodukt	Sett grenseverdi for uønskte stoff		Berre frå frittlevande fisk og oppdrettsfisk slakta til humant forbruk. Ikkje bruk til fisk av same art	Avgrensingar knytt til risiko for overføring av prioner	Skal vere trygt for menneske og dyr
Planteprodukt (til dømes frukt, bær, trevyrke)	Sett grenseverdi for uønskte stoff				Skal vere trygt for menneske og dyr
Biprodukt av drøvtyggarar og produksjonsdyr	Sett grenseverdi for uønskte stoff		Forbode å føre med biprodukt protein frå drøvtyggarar og produksjonsdyr. Unntak: mjølk, egg, gelatin frå andre dyr enn drøvtyggarar, hydroliserte protein frå hud, skinn, fiskemjøl når produsert frå frittlevande fisk eller fisk slakta for humant bruk	Avgrensingar knytt til risiko for overføring av prioner	Skal vere trygt for menneske og dyr
Slakteavfall	Sett grenseverdi for uønskte stoff	Kategori 2 og 31 kan brukast til pelsdyr, hund, dyr i dyrehage, ville dyr, sirkusdyr. Kategori 3 kan brukast til fôr for produksjonsdyr (men ikkje kjøtt??)			Skal vere trygt for menneske og dyr
Bakteriar/sopp	Sett grense for uønskte stoff. Liste over tillatte gjæringsbiprodukt frå mikroorganismar i fôrvarekatalogen				Skal vere trygt for menneske og dyr
Trevyrke	Sett grenseverdi for uønskte stoff				Skal vere trygt for menneske og dyr
Cerealer	Sett grenseverdi for uønskte stoff				Skal vere trygt for menneske og dyr
Insektlarver	Sett grenseverdi for uønskte stoff	Kan ikkje nytte animalsk avfall som fôr til larvene	Definert som landlevande produksjonsdyr. Kan ikkje nyttast som fôr til dyr. Vert mest sannsynleg endringar i lovverk.	TSE-forskrift med endringar som tillet insekt som fôr er på høyring.	Skal vere trygt for menneske og dyr

6 Etablering av framtidig nærings- og forskingssamarbeid om biobasert proteinrikt fôr

Arbeidspakke 5 har vore direkte retta mot ein ny søknad til RFF. Konklusjonen og nærings/FoU samarbeid skulle gi argumentasjon for ny søknad. Me freista å svare på to forskingss spørsmål:

- *Kva nærings- og FoU institusjonar er det aktuelt å samarbeide om proteinrikt fôr frå lokale kjelder?*
- *Korleis realisere innovasjonen som forprosjektet legg grunnlag for?*

Det er i prosjektet identifisert fleire aktuelle problemstillingar og tema som er viktige for framtidig innovasjon på Vestlandet. Eit RFF hovudprosjekt må byggje på resultat frå kvalifiseringsprosjektet, og fokusere på eit eller fleire av desse:

- Vestlandet som ei pilotklynge for proteinfôr, både frå grøn og blå sektor
- Proteinrike larver som fôr basert på organisk restråstoff frå Vestlandet
- Proteinrike algar basert på avfallsvatn frå fiskeslakteri
- Proteinrike tunikater

Basert på resultat frå forprosjektet vil viktige næringsaktørar i eit hovudprosjekt om biobasert proteinrikt vere:

- Larveprodusent
- Fôrprodusent
- Fiskeslakteri
- Ei bedrift som dyrkar tunikat

FoU-institusjonar det er aktuelt å samarbeide med i eit hovudprosjekt er dei som allereie er aktive på slike problemstillingar i dag. Dei inkluderer:

- NMBU
- NIFES (og Havforskningsinstituttet som fusjonerer 01.01.18)
- UiB
- NIBIO

Knytt til dyrking og hausting av makroalgar har kvalifiseringsprosjektet identifisert to aktørar som har etablert seg med forretningsområde som det kan vere aktuelt å inkludere i forskingssamarbeid om lokal proteinfôr framover. Bedriftene er:

- Seaweed from Norway AS, Nikøy, N-6987 Bulandet, Askvoll. Tel: +47 476 68 066, E-post: post@seaweedfromnorway.com, Org.nr: 913194985, <http://www.seaweedfromnorway.no/>
- Algetun AS, Harpefjellet 33, Landro, 5363 Ågotnes. Tel: +47 911 09 644. e-post: post@algetun.no, Org.nr: 917 530 068, ved Ragnvald Maartmann-Moe.

Mikroalgeproduksjon går føre seg ved:

- Teknologisenter Mongstad, med Universitetet i Bergen og Uni Research Miljø som involverte forskingsmiljø: [https://www.nrk.no/hordaland/apner-testanlegg-for-algeproduksjon - -kan-redde-matproduksjonen-i-framtiden-1.13239615](https://www.nrk.no/hordaland/apner-testanlegg-for-algeproduksjon--kan-redde-matproduksjonen-i-framtiden-1.13239615)

Når det gjeld produksjon av larver har kvalifiseringsprosjektet etablert kontakt med InvertaPro gjennom deira deltaking på prosjektmøtet i Førde 4.10.2017. Kontaktperson er Alexander Solstad Ringheim. Nettside: <https://www.invertapro.com/>. NIFES, saman med NIBIO, har allereie i gang eit prosjekt på bruk av restråstoff som fôr til larver og vidare til fisk. Fokus for dette prosjektet er ernæring.

Potensialet for å dyrke tunikat er stort, som vist i kapitel 3.3.3. Såleis kan ei inkludering av denne bioressursen i eit hovudprosjekt vere tenleg. I Øygarden i Hordaland går det føre seg pilotproduksjon av tunikat, under leiing av Christofer Troedsson ved Biologisk institutt, Universitetet i Bergen og Uni Research, som det kan vere naturleg å ta kontakt med og samarbeide med i eit hovudprosjekt:

<http://forskning.no/havforskning-oppdrett-sjodyr-marinbiologi-marin-teknologi/2013/06/haper-pa-drivstoff-og-fiskefor-fra>

7 Konklusjon: potensiale for proteinrikt fôr på Vestlandet

Forprosjektet viste at det finst mange lokale proteinrike kjelder i Hordaland og Sogn og Fjordane. Dersom protein i lokale kjelder er i, eller kan utviklast til, ei form som dyr og fisk kan nyttiggjere seg av, kan disse erstatte dagens soyabaserte fôr. Det vert utvikla teknologiar i dag som er aktuelle for dei to fylka for å utnytte både nye biologiske råstoff og eksisterande restressursar. Potensialet for dyrking av tunikat (sekkedyr, kappedyr) og makroalgar (tang og tare) blei berekna til å være betydeleg større enn potensialet for utnytting av de eksisterande restressursane trevirke, biogass frå husdyr og deponi, slakteri- og fiskeavfall, rest frå frukt-, bær- og grønnsak og ølbrygging. Dersom det er mogleg å utnytte proteinet i tunikat og makroalgar som fôr, kan ein i framtida dekke fôrbehovet både til fiskeoppdrett og husdyrhold på Vestlandet gjennom tunikatproduksjon. Økt uttak av skog kan, om omdanning frå trevirke til protein tilgjengelig for fisk og dyr er muleg, gi nok fôr til husdyrholdet i de to fylka, og til en tredjedel av fiskeoppdrettet.

Insekt er effektive ‘omdannarar’ og kan vekse på mange ulike restråstoff, og kan derfor produsere protein frå fleire av kjeldene omtalt i forprosjektet. Dersom insekt for eksempel kan leve på tunikat kan dette vere ein metode for å gjere protein i tunikat tilgjengeleg som dyre- og fiskefôr.

Dagens lovverk knytt til utnytting av restressursar som stammar frå dyr er ei hindring for auka produksjon av fôrprotein frå animale ressursar. Av kjeldene som er undersøkt i dette forprosjektet vil det gjelde avfall frå slakteri (dyr og fisk), og eventuelt tunikat. Det vil også gjelde insekt som er viktige omdannarar av protein frå fleire av dei skildra kjeldene. Regelverk for insekt er under vurdering og vil mest sannsynleg tillate bruk som fôr i nær framtid. Dagens regelverk set mest grense på produksjon av fôr frå restar av drøvtyggjar og til fôr til drøvtyggjar. For vegetabilske kjelder set regelverket grense i form av

grenseverdier for uønskede innholdsstoff. Nye fôrkjelder er ei utfordring for dagens norske regelverk, endringar må skje for å sikre tryggleik og fôrproduksjon.

Det er gjort ei regional analyse av tilgjengelege bioressursar/restråstoff/avfall frå landbruk/skogbruk og havbruk i kommunane i Sogn og Fjordane og Hordaland, som kan nyttast til proteinproduksjon. I Sogn og Fjordane er det høgst potensiale for både animalsk og vegetabilsk biomasse frå grøn sektor i Gloppen kommune. Det er også store mengder tilgjengeleg biomasse/restråstoff frå grøn sektor i Stryn, Førde og Jølster kommune.

Frå havbruket og fiskeforedlingsindustrien, eller blå sektor, er det i Sogn og Fjordane høgst potensiale for biomasse i Flora, fylgt av Bremanger, Askvoll, Gulen, Selje og Vågsøy kommune.

I Hordaland er det høgst potensiale for tilgang på biomasse frå grøn sektor i Voss kommune, fylgt av Kvinnherad, Kvam og Bergen kommune. I blå sektor er det Austevoll som har størst tilgang på animalsk og vegetabilsk marin biomasse, fylgt av Bømlo, Fusa og Øygarden.

Resultata har gitt avklaringar kring metode og etablering av næringsverksemd skikka for utnytting av lokale ressurs i Hordaland og Sogn og Fjordane til proteinholdig fôr, både til husdyr og fiskeoppdrett.

I prosjektperioden er det knytt kontakt med relevante FOU-aktørar og verksemdar som er aktive i utnytting av lokale kjelder til fôrproduksjon. Fleire av desse ønskjer å delta i eit RFF hovudprosjekt, der me spesielt vil undersøke korleis bruk av insekt kan konsentrere opp proteininnhaldet i dei lokale kjeldene.

Kvalifiseringsprosjektet har identifisert at produksjon av *makroalgar* og *tunikat* og bruk av *insektslarver* som omdannarar er det som er mest aktuelt å gå vidare med i eit hovudprosjekt, i samarbeid med næringa og andre FoU-institusjonar som arbeider med desse problemstillingane.

8 Referanser

- Addison K (2002) Biogas. http://journeytoforever.org/biofuel_biogas.html. The Journey to Forever Project
- All About Feed (2017) A protein revolution with novel feed sources. 20 Mar. www.allaboutfeed.net/
- Amaefule K, Okechukwu S, Ukachukwu S, et al (2006) Digestibility and nutrient utilization of pigs fed graded levels of brewer's dried grain diets. <http://www.lrrd.org/lrrd18/1/amae18005.htm>. Livestock Research for Rural Development, 18 (1).
- Amundsen B (2013) Ingen hadde tenkt på det. https://www.forskningsradet.no/prognett-biotek2021/Nyheter/Ingen_hadde_tenkt_pa_det/1253987243375&lang=no.
- Andersen O, Weinbach J-E (2010) Residual animal fat and fish for biodiesel production. Potentials in Norway. https://www.researchgate.net/publication/229430716_Residual_animal_fat_and_fish_for_biodiesel_production_Potentials_in_Norway. Biomass and Bioenergy 34:1183–1188. doi: 10.1016/j.biombioe.2010.03.010
- Andersen S, Strohmeier T, Strand H, Strand Ø (2014) Karbonfangst og matproduksjon i fjorder. http://www.imr.no/filarkiv/2014/04/hi-rapp_7-2014_komif_til_web.pdf/nn-no. Havforskningsinstituttet, Bergen
- Andersen K, Tybirk K (eds.) (2016) Nordic alternative protein potentials, mapping of regional bioeconomic opportunities. TemaNord 527.
- Andreassen K, Eriksen R, Tomter S, Granhus A Statistikk over skogforhold og skogressurser i Sogn og Fjordane. Landsskogtakseringen 2005-2009. http://www.skogoglandskap.no/filearchive/ressursoversikt_04_12_statistikk_over_skogforhold_og_skogressurser_i_sogn_og_fjordane_2005_2009_2.pdf. Norsk institutt for skog og landskap, Ås
- Angell AR, Angell SF, de Nys, R, Paul NA (2016) Seaweed as a protein source for mono-gastric livestock. Trends in food science & technology, 54: 74-84.
- Azagoh C, Hubert A, Mezdoor S (2015) Insect biorefinery in Europe: Designing the insect biorefinery to contribute to a more sustainable agro-food industry. Journal of insects as food and feed. 1: 159-168.
- Biancarosa I, Espe M, Bruckner CG, Heesch S, Liland N (2016) Amino acid composition, protein content, and nitrogen-to-protein conversion factors of 21 seaweed species from Norwegian waters. J Applied Phycol.
- Broch OJ, Skjeremo J, Handå A (2016) Potensiale for storskala dyrking av makroalge i Møre og Romsdal. Sintef rapport nr A27869
- Bryggeri- og drikkevareforeningen (2017) Salgstall. http://drikkeglede.no/tall_og_fakta/. Bryggeri- og drikkevareforeningen, Oslo
- Cickova H, Newton GL, Lacy RD, Kozanek M (2015) The use of fly larvae for organic waste treatment. Waste management 35: 68-80.
- Duinker A, Roiha IS, Amlund H, Dahl L, Lock E-J, Kögel T, Måge A, Lunestad BT (2016) NIFES rapport, juni 2016.
- Esteban M, Garcia A, Ramos P, Márques M (2007) Evaluation of fruit-vegetable and fish wastes as alternative feedstuffs in pig diets. Waste Management 27:193–200.
- Fiskeridirektoratet (2017a) Biomassestatistikk. Svinn i produksjonen. <https://www.fiskeridir.no/content/download/8986/109595/version/73/file/biostat-svinn-20170816.xlsx>. Fiskeridirektoratet, Bergen
- Fiskeridirektoratet (2017b) Statistikkbank. F.05.001 Fangst, etter landingsfylke, fartøyets nasjonalitet, fiskesort, lengdegruppe, statistikkvariabel og fangstår. <https://www.fiskeridir.no/Statistikk/Statistikkbank>. Fiskeridirektoratet

- Granhus A, Andreassen K, Tomter S, et al. (2011) Skogressursene langs kysten. Tilgjengelighet, utnyttelse og prognoser for framtidig tilgang. http://www.skogoglandskap.no/filearchive/rapport_11_11_skogressursene_langs_kysten.pdf. Norsk institutt for skog og landskap, Ås
- Granum M (2006) Produkt, rangert etter proteininnhold. <http://www.proteiner.no/mest-protein.html>.
- Graven AR (2014) Tunikater mot nye høyder. <https://uni.no/nb/news/2014/12/19/tunikater-mot-nye-hoyder/>. Uni Research Nyheter
- Guedes AC, Sousa-Pinto I, Malcata FX (2015) Application of mikroalgae protein to aquafeed. In: Handbook of marine mikroalgae. Elsevier Inc., chapter 8, 93-125.
- Jóhannsson R (2016) Protein from Forest Sidestreams and Other Sources. In: Nordic alternative protein potentials mapping of regional bioeconomy opportunities. Norden, TemaNord, 527: 75–80.
- Khatoun H, Banerjee S, Syahiran MS, Noorin NBM, Bolong AMAB, Endut A (2016) Re-use of aquaculture wastewater in cultivating mikroalgae as live feed for aquaculture organisms. Desalination and water treatment, 1-8.
- Koeleman E (2016) US exports DDGS. All About Feed. 23 Sep. <http://www.allaboutfeed.net/New-Proteins/Articles/2016/9/US-exports-far-more-DDGS-2882713W/>
- Kroeker K, Kordas R, Crim R, et al. (2013) Impacts of ocean acidification on marine organisms: quantifying sensitivities and interaction with warming. Global Change Biology 1884–1896. doi: doi: 10.1111/gcb.12179
- Lemvigbiogas (2009) Gylle fra blot én ko dekker dit el-forbruk! ...såfremt gyllen afgasses i et biogasanlæg. <http://www.lemvigbiogas.com/biogas.htm>.
- Lindberg D, Aaby K, Borge G, et al. (2016) Kartlegging av restråstoff fra jordbruket. <https://nofima.no/pub/1439134/>. Rapport 67/2016, Nofima, Tromsø.
- Lindberg, JE (2016) Feed protein needs and nutritive value of alternative feed ingrediens. In: Andersen, K and Tybirk, K (eds): Nordic alternative protein potentials, mapping of regional bioeconomic opportunities. TemaNord: 527, 19-35.
- Lock EJ, Liland NS, Belghit I, Amlund H, Ørnsrud R, Bruckner C, Araujo P, Waagbo R (2016) Bioconversion of brown seaweed by black soldier fly larvae, effects on nutritional composition and feed safety considerations. Nifes. (Poster). https://www.researchgate.net/publication/309548950_Bioconversion_of_brown_seaweed_by_black_soldier_fly_larvae_effects_on_nutritional_composition_and_feed_safety_considerations.
- Makkar HPS, Tran G, Giger-Reverdin S, Lessire M, Lebas F, Ankers P (2015) Seaweed in livestock diets: a review. Animal Feed Science and Technology 197: 1-33. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840115300274?via=ihub>
- Miladinovic D (2017) A protein revolution with novel feed sources. <http://www.allaboutfeed.net/Raw-Materials/Articles/2017/3/A-protein-revolution-with-novel-feed-sources-109117E/>
- Mohamed RMSR, Al-Gheethi A (2017) An overview of the utilization of mikroalgae biomass derived from nutrient recycling of wet market wastewater and slaughterhouse wastewater. International Aquatic Research, DOI 10.1007s40071-017-0168-z.
- Nofima (2014) <https://nofima.no/nyhet/2014/09/alger-kan-erstatte-fiskeolje-i-for-til-oppdrettslaks/>
- Norges Bondelag (2011) Fakta om biogass, Norsk kulturlandskap – det nye gassfeltet. ISSN 978-82-7712-085-0
- Norsk Algeforening. <http://www.norskalgeforening.no/mikroalger/>
- Norsk Fiskerinæring (2016) Norsk Fiskerinæring. <http://digital.findexaforlag.no/i/729642-utgave-8-2016/110?m4=>. Norsk Fiskerinæring

- Olafsen T, Winther U, Olsen Y, Skjermo J (2012) Verdiskaping basert på produktive hav i 2050.
https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri_og_havbruk/publikasjoner/verdiskaping-basert-pa-produktive-hav-i-2050.pdf.
- Olsen ML, Karlson H (2016) Mikroalgaer as a source for animal feed protein: potentials and challenges. In: Andersen K and Tybirk K (eds.): Nordic alternative protein potentials, mapping of regional bioeconomic opportunities. TemaNord: 527, 69-74.
- Ortiz JAC, Ruiz AT, Morales-Ramos JA, Thomas M, Rojas MG, Tomberlin JK, Yi L, Han R, Giroud L, Jullien RL (2016) Insect Mass Production Technologies. In: Insects as Sustainable Food Ingredients. Dossey AT, Morales-Ramos JA, Rojas MG. Elsevier Inc. ISBN: 987-0-12-802856-8.
- Poulsen et al. (2016) Regional Potentials in Protein Supply from Agriculture. In: Andersen K and Tybirk K (eds.): Nordic alternative protein potentials, mapping of regional bioeconomic opportunities. TemaNord: 527, 47-56.
- Przedzimirska, J, Sapota GP (2016) Marine organisms' potentials and challenges. In Andersen K and Tybirk K (eds.): Nordic alternative protein potentials, mapping of regional bioeconomic opportunities. TemaNord: 527, 59-68.
- Raadal H, Schakenda V, Morken J (2008) Potensialstudie for biogass i Norge.
https://www.enova.no/download?objectPath=upload_images/6692FEC573B24097B14524380C49BF3C.pdf. Østfoldforskning AS og UMB
- Ramos-Elorduy J, Gonzalez EA, Hernandez AR, Pino JM (2002) Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. Journal of Economic Entomology, 95: 214-220.
- Ramsunder P, Guldhe A, Singh P, Bux F (2017) Assessment of municipal wastewater at various stages of treatment process as potential growth media for *Chlorella sorokiniana* under different modes of cultivation. Bioresource Technology 227: 82-92.
- Rasmussen LL, Cortina AG, Søndergaard M, Johansen NF, Becker EM, Heckmann LL (2016) INBIOM Bobleprosjekt: Utdnyttelse af restbiomasser til insektproduksjon af proteinfoder med melorme. Rapport, Teknologisk Institut, DK. 22 s.
- RUBIN (2012) Varestrømsanalyse for 2011.
http://www.rubin.no/images/files/documents/varestrm_2011_nettersjon1.pdf.
 Stiftelsen RUBIN, Trondheim
- Rueness J, Steen H (2008) Dyrking og utnyttelse av marine makroalge. Kyst og havbruk, kap 1: forvaltning av kysten.
- Schjøth J (2016) Råvarer brukt i norsk produksjon av kraftfôr til husdyr 2015 (tonn).
<https://www.landbruksdirektoratet.no/no/produksjon-og-marked/korn-og-kraftfor/marked-og-pris/attachment/51850?ts=15355fda6c0&download=true>.
- Skjermo J, Aasen I, Arff J, et al. (2014) A new Norwegian bioeconomy based on cultivation and processing of seaweeds: Opportunities and R&D needs.
<https://www.sintef.no/contentassets/04aa6cd738b245979b334715163c0506/seaweed-bioeconomy-2014-revised-2.pdf>. SINTEF Fisheries and Aquaculture, Trondheim
- Skrede A, Berge G, Storebakken T, et al. (1998) Digestibility of bacterial protein grown on natural gas in mink, pigs, chicken and Atlantic salmon. Anim Feed Sci Technol 103-116.
- Statistisk sentralbyrå (2010) Landbrukstelling 2010. Areal med frukt, etter art, fylke og areal. <https://www.ssb.no/a/kortnavn/landt/arkiv/tab-2011-03-21-07.html>. Statistisk sentralbyrå, Oslo
- Statistisk sentralbyrå (2012) Jordbruksareal, etter fylke og bruken av arealet.
<https://www.ssb.no/a/kortnavn/jordbruksareal/tab-2012-11-26-03.html>. Statistisk sentralbyrå, Oslo, Kongsvinger

- Statistisk sentralbyrå (2017a) Akvakultur. Beholdning av levende matfisk, etter fiskeart og fylke. <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/fiskeoppdrett/aar>. Statistisk sentralbyrå, Oslo, Kongsvinger
- Statistisk sentralbyrå (2017b) Akvakultur. Salg av slaktet matfisk. Mengde, etter fiskeart og fylke. <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/fiskeoppdrett/aar>. Statistisk sentralbyrå, Oslo, Kongsvinger
- Statistisk sentralbyrå (2017c) Hagebruksavlinger Avling av frukt, hagebær og grønnsaker. <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/hagebruk>. Statistisk sentralbyrå, Oslo, Kongsvinger
- Statistisk sentralbyrå (2017d) Husdyrhald. Talet på storfe og sau per 1. januar, etter fylke. <https://ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/jordhus/aar>. Statistisk sentralbyrå, Oslo, Kongsvinger
- Statistisk sentralbyrå (2017e) Husdyrhald. Talet på ymse husdyr per 1. januar, etter fylke. <https://ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/jordhus/aar>. Statistisk sentralbyrå, Oslo, Kongsvinger
- Statistisk sentralbyrå (2017f) Kjøttproduksjon. Offentleg kjøttkontroll. Slakt godkjende til folkemat. <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/saveselections.asp>. Statistisk sentralbyrå, Oslo, Kongsvinger
- Statistisk sentralbyrå (2017g) Potet- og grovfôravlningar, 2016, førebelse tal. <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/jordbruksavling>. Statistisk sentralbyrå, Oslo, Kongsvinger
- Thoring L (2014) Så mange dyr spiser vi. <https://www.framtiden.no/arbeidsnotater/719-sa-mange-dyr-spiser-vi/file.html>. Framtiden i våre hender, Oslo
- van Broekhoven S, Oonincx GAB, van Huis A., van Loon JJA (2015) Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *J Insect Physiol* 73: 1-10
- van den Burg SWK, van Duijn AP, Bartelings H, Krimpen MM, Poelman M (2016) The economic feasibility of ' production in the North Sea. *Aquaculture Economics and Management*, 20 (3): 235-252.
- van der Spiegel M, Noordam MY, van der Fels-Klerx HJ (2013). Safety of novel protein sources (insects, microalgae, seaweed, duckweed, and rapeseed) and legislative aspects for their application in food and feed production. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 12: 662-678.
- Zbarskii I (2017) Proteins. <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Proteins>. The Free Dictionary by FARLEX
- Øverland M, Karlsson A, Mydland L, et al. (2013) Evaluation of *Candidata utilis*, *Kluyveromyces amrxianus* and *Saccharomyces cerevisiae* yeasts as protein sources in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 402-403: 1–7.
- Øverland M, Mydland LT, Skrede A (2014) Industriell bioraffinering av tremasse og makroalger. Innspill til forskningsagenda: Utnyttelse av biomasse i produksjon av proteinrike fôrvarer. http://www.innovasjon Norge.no/PageFiles/608315/2014_UMB_N-Bioraffinering_av_tremasse_og_makroalger.pdf. Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Ås
- Øverland M and Skrede A (2016) Yeast derived from lignocellulosic biomass as a sustainable feed resource for use in aquaculture. *Journal of Science of Food and Agriculture*.