



DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTETET

MASTEROPPGAVE

<p>Studieprogram / spesialisering: Industriell Økonomi / Prosjektledelse</p>	<p>Vårsemesteret, 2023 <i>Nora Nafiseh Rahimi</i> Åpen</p>
<p>Forfatter: Nora Nafiseh Rahimi</p>	
<p>Fagansvarlig ved Universitetet i Stavanger: Professor Sigbjørn Landazuri Tveteraas</p>	
<p>Tittel på oppgaven: Sirkulærøkonomi i sjømatsektoren: anvendelse av marint restråstoff til gjødsel for økologisk landbruk.</p>	
<p>Studiepoeng: 30 ECTS</p>	
<p>Emneord: Sirkeløkonomi Sjømatnæring Økologisk landbruk Marint restråstoff</p>	<p>Sidetall: 54 + vedlegg/annet: 1 Stavanger, 15.06.2023</p>

Anerkjennelser

Jeg vil gjerne rette en spesiell takk til min veileder, Sigbjørn Landazuri Tveteraas, for hans uvurderlige tid og veiledning gjennom semesteret. Hans ekspertise har tilført verdifulle perspektiver til prosjektet. Videre ønsker jeg å uttrykke min takknemlighet til Phil Di Valerio for hans bidrag med korrekturlesing av masteroppgaven. Oppgaven er tilknyttet Marigreen prosjektet, og jeg er takknemlig for å ha fått tilgang til kunnskap og innsikter fra denne utforskningen.

Sammendrag

Denne masteroppgaven utforsker potensialet for å benytte uutnyttet marint restråstoff fra sjømatsektoren som organisk gjødsel i økologisk jordbruk. Studiet kartlegger tilgjengeligheten av restråstoff fra sjømatsektoren og analyserer utfordringer knyttet til teknologi, logistikk og økonomi som kan hindre regelmessige leveranser av restråstoffet til gjødselproduksjon. Resultatene fra oppgaven vil øke kunnskapen om bruken av underutnyttet marint restråstoff som organisk gjødsel og bidra til en mer bærekraftig tilnærming innen sjømatsektoren og jordbruket.

Ved å anvende fiskeavfall til produksjon av organisk gjødsel kan sjømatsektoren redusere mengden av underutnyttet restråstoff og unngå negativ miljøpåvirkning. Samtidig kan bruk av organisk gjødsel fra marint restråstoff bidra til å gjøre jordbruket mer bærekraftig ved å redusere behovet for kjemisk produsert gjødsel. Dette kan føre til en mer effektiv ressursutnyttelse og en reduksjon i jordbrukets negative miljøpåvirkning.

Den største utfordringen ligger i å koordinere hele verdikjeden mellom sjømat- og naturgjødselprodusenter. Samarbeid og samhandling mellom aktørene er nødvendig for å skape tilstrekkelig skala og oppnå en bærekraftig og lønnsom produksjon av organisk marinbasert gjødsel. Initiering av samarbeidet mellom de to næringene kan være en betydelig utfordring. Det krever tett samarbeid mellom kjøpere og selgere for å identifisere behovene til gjødselprodusentene og sikre at produktet oppfyller deres krav og standarder. Det er avgjørende å etablere en effektiv og pålitelig verdikjede. Verdikjeden må sikre jevn tilførsel av restråstoffet. Samtidig må den skape et marked for kjøpere som er interessert i å benytte marint restråstoff som en verdifull ressurs i produksjonen av organisk gjødsel.

Innhold

Anerkjennelser	i
Sammendrag	ii
Figurer	v
Tabeller	v
1 Introduksjon	1
1.1 Motivasjon	1
1.2 Forskningsspørsmål	3
2 Teori og bakgrunn	4
2.1 Markedene for organisk sertifisert gjødsel	4
2.1.1 EU-forskrifter	7
2.1.2 Økologisk jordbruk	8
2.1.3 Norsk regelverk	10
2.2 Gjødselbruk i Norge idag	11
2.3 Rester fra sjømatsektoren	12
2.3.1 Egenskaper til marint restråstoff som gjødsel	12
2.4 Bearbeiding av fiskeavfall for bruk som gjødsel	14
2.4.1 Fiskehydrolysat	15
2.4.2 Fiskekompost	15
2.4.3 Anaerob fordøyelse av fiskeavfall	16
2.5 Marint restråstoff som gjødsel til økologisk landbruk	16
2.6 Sjømatsektoren og bruk av marint restråstoff i Norge	19
2.6.1 Norsk sjømatnæring	19
2.6.2 Marint restråstoff til produksjon av marine ingredienser	20
2.6.3 Potensiale for bruk av marint restråstoff som gjødsel	20
3 Data og metode	22
3.1 Data	22
3.2 Metode	22
4 Analyse	23
4.1 Analyse av sekundærdata	23
4.2 Kvalitativ analyse	30

4.2.1	Gjødselprodusentene sitt perspektiv	30
4.2.2	Sjømatsektoren sitt perspektiv	34
5	Diskusjon	37
6	Konklusjon	41
	Bibliografi	42
A	Godkjente økologiske gjødsel- og jordforbedringsmidler	49

Figurer

2.1	I jordbruk er gjødsel en viktig del av å dyrke planter.	5
2.2	Åkertomter kort tid etter spiring av havreplanter.	17
2.3	Høsting av åkeren.	17
2.4	Bein fra torskehoder inneholder fosfor og kalsium.	18
4.1	Utviklingen i mengden av råstoff fordelt i sektorer.	23
4.2	Utviklingen i mengden av tilgjengelig restråstoff.	24
4.3	Restråstoff fra hvitfisksektoren.	25
4.4	Utviklingen i mengden av underutnyttet restråstoff	26
4.5	Fordeling av uutnyttede restråstoffer	27
4.6	Kakediagrammer, restråstoff og deres anvendelse.	27
4.7	FoU-prosjekter øker for å bedre utnyttelse av marine ressurser.	28
4.8	Fiskeavfall kan utnyttes til flere produkter.	29
4.9	Etterspørselen etter organisk gjødsel øker i Norge.	31
4.10	Grakse fra hvitfisk gir svært rask vekstvirkning.	34
5.1	Geografisk spredning skaper logistikkutfordringer.	38
5.2	Utviklingen i totalkostnadsindeksen fra januar 2016 til mars 2023.	39

Tabeller

1.1	Potensielle positive ringvirkninger av EUs handlingsplan for å fremme sirkulær økonomi.	2
1.2	Potensielle negative ringvirkninger av EUs handlingsplan for å fremme sirkulær økonomi.	3
2.1	Sammenligning av antall studier på utfall av effekt for organisk gjødsling (alle typer) versus kunstgjødsling.	6
2.2	Estimert mengde av de viktigste næringsstoffene som ble tilført jordbruksarealet i 2018.	11
A.1	Godkjente økologiske gjødsel- og jordforbedringsmidler.	49
A.2	Godkjente økologiske gjødsel- og jordforbedringsmidler.	50

Kapittel 1

Introduksjon

1.1 Motivasjon

I dagens situasjon er det store mengder restråstoff som forblir ubenyttet i sjømatsektoren, samtidig som det er en økende bevissthet om behovet for å gjøre sektoren mer sirkulær og bærekraftig [1]. Kapittel 4 gir en mer detaljert oversikt over mengden av dette råstoffet. Sjømatnæringen uttrykker at mye av det gjenværende restråstoffet i dag er mer kostbart å håndtere enn det gir inntekt for industrien. Derfor søker oppgaven etter muligheter for å gjøre denne ressursen til en inntekt.

Det er potensielle synergier mellom sjømat- og landbruksnæringen som kan utnyttes. Sjømatsektoren står overfor betydelige mengder ubrukt restråstoff, mens gjødselprodusenter mangler gode råvarer. Sjømatrestene er godt egnet som råstoff for organisk gjødselproduksjon, og gjødselleverandørene er villige til å betale for dette materiale. Samtidig har sjømatsektoren behov for å finne en kjøper for sine rester. Ved å samarbeide kan disse to næringene skape en vinn-vinn-situasjon.

EU har utviklet en handlingsplan for å fremme sirkulær økonomi. Planen omfatter en rekke tiltak for å gjøre produksjon, forbruk og avfallshåndtering av mat og vann mer sirkulær. En ny forskrift for gjenbruk av vann i landbruket oppfordrer til en sirkulær tilnærming for å sikre en mer bærekraftig ressursutnyttelse [2]. Videre utvikles det en plan for næringsstofforvaltning som har som mål å stimulere markedet for resirkulerte næringsstoffer og redusere nitrogenforurensning i Europa innen 2030. Dette skal oppnås gjennom en 50 % reduksjon i næringstap, en 20 % reduksjon av gjødselbruk, og en 25 % økning i totalt jordbruksareal under økologisk landbruk [3]. Restråstoff fra fisk kan være en utmerket nitrogenkilde innen organisk jordbruk og er fokuset i denne studien.

EUs handlingsplan fremmer sirkularitet i Europa ved å fokusere på nøkkilverdikjeder med et høyt potensial for sirkularitet. CEAP¹ anerkjenner at sirkulær økonomi kan redusere de negative effektene av ressursutvinning og miljøutnyttelse. Rehabilitering av biologisk mangfold, samt naturressurser i Europa er også et positivt utfall [4]. Gjødning produsert av fiskeavfall er i samsvar med EUs politikk for sirkulær økonomi, som vektlegger utnyttelse av gjenværende råmaterialer.

Handlingsplanen kan ha en rekke potensielle ringvirkninger, både positive og negative. I tabell 1.1 og 1.2 er disse ringvirkningene kartlagt både innenfor og utenfor Europa, og de er delt opp i sosiale og miljømessige kategorier.

Tabell 1.1: Potensielle positive ringvirkninger av EUs handlingsplan for å fremme sirkulær økonomi [3].

	Innenfor Europa	Utenfor Europa
Sosialt	Lavere kostand til innsatsfaktorer og høyere priser for produsenter.	Tilgang til mat.
	Sunnere kosthold for forbrukere.	Sosioøkonomiske muligheter for eksport av grønn ammoniakk til EU.
	Lavere avhengighet av kritiske råvarer.	
Miljø	Redusere utslippene av drivhusgasser og nivåene av nitrogenforurensning.	Gi insentiver for å redusere produksjonen med høye utslipp og/eller forurensning for å imøtekomme EUs krav.
	Fremme utviklingen av bærekraftige, sirkulære økonomimodeller og jordbruk.	Sirkulære tilnærminger kan benyttes for å håndtere avfall som oppstår ved produksjon og bruk av gjødning.
	Utvikle rene hydrogenverdikjeder for å produsere karbonfri ammoniakk.	

¹Circular economy action plan.

Tabell 1.2: Potensielle negative ringvirkninger av EUs handlingsplan for å fremme sirkulær økonomi [3].

	Innenfor Europa	Utenfor Europa
Sosialt	Lavere produktivitet i jordbrukssektoren.	Helseproblemer som følge av økt bruk og lagring av gjødsel.
	Høyere matvarepriser for forbrukere.	Negative innvirkninger på produksjons- og eksportevnen til gjødsel.
	Negative innvirkninger på kapasiteten til EUs medlemsland til å produsere gjødsel innenlands.	
Miljø	Helseproblemer på grunn av bruk av gjødsel.	Karbonlekkasje.

I tillegg til å skape økonomiske gevinster for begge sektorene, kan en slik løsning også bidra til å redusere avfallsmengder og forbedre bærekraften i sjømatproduksjonen. Ved å utnytte restråstoff fra havet som råstoff til organisk gjødselproduksjon, kan næringen også bli mer bærekraftig. Dette skyldes at ved å benytte fiskeavfall, kan gjødselprodusentene redusere behovet for å importere råvarer. Samtidig kan de redusere utslippene av klimagasser ved å erstatte fossile råvarer med organisk materiale. Dermed kan et samarbeid mellom sjømat- og landbruksnæringen bidra til å gjøre begge sektorer mer bærekraftige og miljøvennlige.

1.2 Forskningsspørsmål

Masteroppgaven har som mål å utforske bruken av marint restråstoff til produksjon av organisk gjødsel for landbruket. Sentrale forskningsspørsmål som vil bli adressert inkluderer utfordringene knyttet til etableringen av denne nye verdikjeden. Det blir fokusert på identifisering av barrierer som hindrer opprettelsen av denne verdikjeden. Noen av de utfordringene som må takles inkluderer volumet av restråstoffet, logistikkostnader, fastsettelse av priser og bestemmelse av hvilken sektor som skal ta på seg hoveddelen av de initielle kostnadene.

Kapittel 2

Teori og bakgrunn

2.1 Markedene for organisk sertifisert gjødsel

I jordbruk er gjødsel en viktig del av å dyrke planter. Det gir nødvendige organiske og uorganiske stoffer for vekst og utvikling. Det finnes to hovedtyper av gjødsel, organiske, som for eksempel kompost eller gjødsel fra dyr, og uorganiske, som for eksempel kunstgjødsel. Organiske gjødselstoffer må nedbrytes av jordens mikroorganismer før plantene kan ta opp næringsstoffene, mens uorganiske gjødselstoffer kan brukes direkte av plantene. Begge typer gjødsel kan øke avlinger og forbedre jordens kvalitet [5]. Næringsstoffene som er nødvendige for planters vekst og utvikling kan deles inn i hovednæringsstoffer, mikronæringsstoffer, og gunstige næringsstoffer. Blant hovednæringsstoffene finnes nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), magnesium (Mg), svovel (S) og kalsium (Ca). Disse næringsstoffene er avgjørende i større mengder. I tillegg til hovednæringsstoffene er det også behov for mindre mengder av mikronæringsstoffer. Disse inkluderer jern (Fe), bor (B), mangan (Mn), sink (Zn), kobber (Cu), molybden (Mo), nikkel (Ni) og klor (Cl). Selv om disse næringsstoffene kreves i mindre mengder, er de likevel viktige for plantenes vekst og funksjon. Noen stoffer betraktes som gunstige for plantevekst, men de er ikke nødvendige for plantenes overlevelse. Dette inkluderer natrium (Na), silisium (Si), kobolt (Co), selen (Se) og aluminium (Al) [5].

Naturgjødsel, som er husdyrgjødsel, menneskegjødsel, tang, tare, kompost, og guano, inneholder mye organisk materiale. Kunstgjødsel fremstilles industrielt i granulert eller pulverform. Naturgjødsel består ofte av allsidige mengder plantenæringsstoffer, men i mindre konsentrasjoner sammenlignet med kunstgjødsel [5]. Enkelte næringsstoffer i naturgjødsel, spesielt nitrogen, er komplekst bundet i forbindelser som gjør dem mindre tilgjengelige for plantene. Disse må brytes ned før de kan benyttes av plantene. Derfor gir en lik mengde lettløselige næringsstoffer i kunstgjødsel raskere og større effekt på

avlingsmengden. Husdyrgjødsel, spesielt fra storfe, er den viktigste naturgjødselen i Norge. Langs kysten har tang og tare også vært brukt som gjødsel [5].



Figur 2.1: I jordbruk er gjødsel en viktig del av å dyrke planter [6].

I denne oppgaven undersøkes anvendelse av marint restråstoff til økologisk gjødsel, som en del av naturgjødselen. Økologisk gjødsel er laget av bærekraftige og naturlige ingredienser uten kjemiske tilsetninger. Det er en viktig del av økologisk landbruk for å forbedre jordkvaliteten og gi planter næring [7]. Marint restråstoff, som fisk og skaldyravfall, kan brukes som en bærekraftig og økologisk løsning. Det kan bidra til å øke jordfruktbarheten, fremme veksten av robuste planter, samt redusere avfall og forurensning fra sjømatnæringen. Det er viktig å merke seg at økologisk gjødsel, inkludert marint restråstoff, må håndteres og brukes riktig for å unngå negative konsekvenser for miljøet og helsen.

Uorganisk gjødsel inneholder vanligvis bare noen få næringsstoffer, men disse er lett tilgjengelige for planter. Organisk gjødsel har næringsstoffer i lave konsentrasjoner. For at plantene skal kunne bruke dem, må gjødselen ofte bli konvertert til uorganisk form av jordbakterier og sopp. Dette frigjøres sakte, spesielt i kaldt vær. Organisk gjødsel danner ikke en skorpe på jorden, forbedrer vannstrømmen inn i jorden og gir jorden struktur over tid. Det fører også nyttige mikrober og gjør jorden enklere å jobbe med, men kan være dyrere enn uorganisk gjødsel på grunn av lavere konsentrasjon av næringsstoffer [8]. Uorganisk gjødsel er mer konsentrert og løselig, så det er lettere å overgjødsle som kan være skadelig for planter. Frisk gjødsel kan også skade planter på grunn av salter. Organisk gjødsel kan brukes til å øke nitrogeninnholdet i jorden, for eksempel med blodmel eller urea¹, samt til å øke fosforinnholdet med fosfatstein eller beinmel. For å redusere syreinnholdet i jorda, kan kilder rike på kalsium, som klippeskall, østersskall, treaske, dolomitt eller gips anvendes [8]. Marint restråstoff inneholder betydelige mengder kalsium.

¹Konsentrert nitrogengjødsel.

I 2021 ble det gjennomført et meta-studie for å evaluere resultatene av å benytte organiske gjødsel (enten alene eller i kombinasjon med kunstgjødsel) sammenlignet med å bruke kunstgjødsel alene eller ikke å bruke gjødsel i det hele tatt [9]. Når organiske gjødselmidler kombineres med kunstgjødsel, inkluderes kun resultater hvor intervensjonen og kontrollgruppen har samme strategi for bruk av kunstgjødsel, og organiske gjødselmidler delvis erstatter kunstgjødselen i intervensjonen. Når det ikke vises signifikante forskjeller i effekten (positiv, negativ eller ingen effekt) ved å bruke organiske gjødselmidler alene i forhold til organiske gjødselmidler kombinert med kunstgjødsel, kategoriseres begge typer intervensjoner som 'organiske gjødselmidler'.

Tabell 2.1 viser antall synteseartikler som rapporterte positive, negative og ingen effekter basert på statistisk sammenligning mellom intervensjonen og kontrollgruppen. På grunn av tidsbegrensningene og det store antallet studier tilgjengelig, er studier ikke utført i Europa ekskludert.

Tabell 2.1: Sammenligning av antall studier på utfall av effekt for organisk gjødsling (alle typer) versus kunstgjødsling [9].

Virkninger	Beregninger	Positive effekt	Ikke-signifikant effekt	Negativ effekt
Reduserer utslipp av luftforurensninger	NH ₃ -utslipp i jord	2	1	0
Reduserer klimagassutslipp	CH ₄ -utslipp i jord	0	1	1
	N ₂ O-utslipp i jord	1	6	2
Reduserer lekkasje av næringsstoffer og avrenning		1	0	0
Øker plantens opptak av næringsstoffer		0	1	1
Øker jordens biologiske kvalitet		4	0	0
Øker karbonopptak		5	2	0
Øker avlingsmengde		2	4	1

Overraskende nok viser studiene at organisk gjødsel er minst like effektiv som kunstgjødsel når det gjelder økning av avlingsmengde, noe som er en av de mest betydningsfulle faktorene. Videre indikerer studiene at organisk gjødsel bidrar til å forbedre jordens biologiske kvalitet. Organisk gjødsel binder også mer karbon i jorden. Dette spiller en viktig rolle i karbonopptak i jorden, noe som er av betydning for å håndtere klimautfordringer.

Konflikten i Ukraina har ført til en økning i prisen på energi, som er en viktig faktor i produksjonen av gjødsel. Som et resultat, har gjødselprisene også økt betydelig. Ukraina har historisk vært en av de viktigste kildene til gjødsel i Europa, og stod for opptil 25 % av all gjødsel som ble produsert på kontinentet i 2010 [10]. I løpet av det siste tiåret har det vært en betydelig nedgang i Ukrainas eksport av gjødsel. Likevel fortsatte Ukraina å eksportere store mengder gjødsel til en verdi av flere hundre millioner dollar årlig, før konflikten oppstod. Tapet av denne produksjonen truer mer enn den økonomiske verdien av gjødsel, siden også produktiviteten i landbruket i andre deler av verden påvirkes [10]. Konflikten oppsto på et ugunstig tidspunkt for det globale matmarkedet. Dette skyldtes allerede høye matpriser på grunn av forstyrrelser i leveringskjeden forårsaket av COVID-19 pandemien, økende global etterspørsel og dårlige avlinger i visse land [11]. EU har som mål å bli mer selvforsynt på gjødsel, noe som ikke bare innebærer å øke egen produksjon, men også å sikre tilgangen på de nødvendige råvarene for å produsere gjødsel. I denne konteksten skaper situasjonen muligheter for nye verdikjeder for organisk gjødsel basert på restråstoff fra fisk.

2.1.1 EU-forskrifter

Regelverket for gjødselvarer i EU gjennomgår for tiden endringer for å erstatte den nåværende forskriften (EF) nr. 2003/2003 med forordning (EU) nr. 2019/1009. Denne nye forordningen introduserer et omfattende regelverk for CE-merkede gjødselvarer², som inkluderer både organiske og uorganiske gjødselvarer. Dette representerer en utvidelse av virkeområdet sammenlignet med den tidligere forskriften, som kun omfattet mineralgjødsel og kalk. Det er imidlertid viktig å merke seg at dette regelverket ikke regulerer bruken av gjødselvarer. Bruksbestemmelser kan fastsettes av hvert enkelt medlemsland [12].

En viktig bakgrunn for det nye regelverket er satsingen på sirkulær økonomi. Målet er å bevare verdiene av produkter, materialer og ressurser i økonomien så lenge som mulig, samtidig som ressursforbruket og mengden avfall reduseres. Et viktig ressurs er fosfat, som er begrenset og viktig for gjødselproduksjon. EU er avhengig av import av fosfat fra tredjeland, og gjennom resirkulering av fosfat er det potensielt mulig å dekke en betydelig del av EUs etterspørsel etter fosfor [12]. Restråstoff fra sjøen inneholder de viktigste næringsstoffene for gjødselproduksjon, nemlig fosfor, nitrogen og kalium. Senere i oppgaven diskuteres det hvordan ulike organiske materialer kan erstattes med marint restråstoff.

Det nye regelverket deler gjødselvarer inn i syv hovedkategorier, inkludert gjødsel og jordforbedringsmidler. Grenseverdiene for tungmetaller varierer avhengig av hovedkategorien og er basert på forventet bruk og oppnåelighet. Det er også fastsatt ulike kvalitetsklasser for gjødselproduktene basert på bruksområde og

²Gjødselvarer merket i samsvar med europeiske direktiver. CE står for europeisk fellesskap.

mengde som kan tilføres over en tiårsperiode. For eksempel tillates det større mengder gjødsel i kvalitetsklasse 0 og I, som brukes på jordbruksarealer og private hager, mens mindre mengder tillates i kvalitetsklasse II, som også inkluderer grøntarealer og lignende områder [12, 13]. Det er ikke lovpålagt å merke tungmetallinnholdet med mindre kobber og sink er tilsatt som mikronæringsstoff, noe som gjør det utfordrende å lage bruksregler basert på tungmetallinnholdet [12].

I tillegg til gjødselvarer omfatter regelverket også behandlingen av biprodukter fra husdyrproduksjon. Marint restråstoff faller inn under kategorien biprodukter i henhold til direktiv om avfall³ [12]. Denne kategorien gir rom for alt som kan anses som biprodukt i samsvar med avfallsregelverket. Den nye forordningen utvider virkeområdet til å omfatte transitt av biprodukter. Visse materialer er ikke lenger omfattet av forordningen. Dette inkluderer skjell uten bløtvev, ekskrementer og urin som ikke er husdyrgjødsel (unntatt ekskrementer fra oppdrettsfisk), samt materiale fra sløyning av fisk på fiskebåter. Likevel inkluderer forordningen fisk som inneholder parasitter eller viser tegn på sykdom. Selv om materiale som inneholder slik fisk fortsatt kan dumpes over bord, kan det komme egne regler for dette i fremtiden [14].

I 2011 ble det innført en ny gjennomføringsforordning⁴ som gjelder for produkter som ikke er ment for menneskelig konsum. Denne ordningen gir detaljerte bestemmelser til hovedforordningen (EF) nr. 1069/2009 og regulerer blant annet bruk og behandling av deler av dyr og fisk som ikke er egnet til mat, men kan brukes til å lage gjødsel. Forordningen tydeliggjør aktørenes ansvar for håndtering og behandling av biprodukter i samsvar med kravene, og medlemsstatene er pålagt å overvåke og kontrollere etterlevelsen av regelverket. Medlemsstatene må også sørge for tilstrekkelig infrastruktur og ordninger for innsamling, transport, lagring, behandling, bruk og kassering av biprodukter [14].

2.1.2 Økologisk jordbruk

Økologisk jordbruk i EU har som mål å være selvfornyende, ved å opprettholde en balansert dyreholdstetthet som er tilpasset lokale jordforhold og sikre en selvforsyning med næringsstoffer. Når økologiske bønder selger sine produkter, fører dette til en eksport av verdifulle næringsstoffer fra jorden [15]. Selv om gårdene kan regenerere nitrogen gjennom biologisk omdanning, blir andre næringsstoffer fjernet når produktene blir solgt, og de må derfor erstattes med tilsvarende mengder, for eksempel ved hjelp av gjenvunnet gjødsel. Fosfor, en sjelden ressurs, er spesielt viktig å regenerere [16]. Studier viser at det er en ubalanse i næringsstoffer i økologiske jordbrukssystemer i Europa [17–20]. Tidligere økologiske praksiser har støttet gjenbruk av urbane økologiske avfall,

³2008/98/EF.

⁴(EU) nr. 142/2011.

inkludert menneskelig avføring [21]. Økologisk jordbruk fokuserer på bærekraftig produksjon med mål om å redusere forurensning, inkludert tungmetaller, som kan være en bekymring ved gjenbruk av gjødsel [22, 23]. Derfor er alternativene for å erstatte tapet av fosfor begrenset av EU sine reguleringer.

Resirkulering av næringsstoffer er en viktig del av den sirkulære økonomien, spesielt i EU. EU har som mål å begrense avfallsproduksjonen ved å gjenbruke sekundære råmaterialer, som marint restråstoff. EU sin handlingsplan for den sirkulære økonomien omfatter avfallshåndtering, inkludert lovforslag om avfall og deponier, samt tiltak for utvidet produksjon, reproduksjon og resirkulering [24–26]. Denne politikken er i tråd med bedre utnyttelse av organisk material som gjødsel. Fiskeprodukter er spesielt nyttige fordi de kan resirkulere fosfor, en knapp ressurs, fra havet tilbake til landbruksområder. Reduksjon av avfall og forurensning gjennom resirkulering og effektiv utnyttelse av fornybare ressurser er av interesse for økologisk jordbruk. Dette harmonerer godt med konseptene om en sirkulær økonomi [27].

Godkjente produkter for bruk i økologisk landbruk er oppført i tillegg A. Reguleringen for økologisk produksjon ble revidert i 2007 – 2008, med et overordnet rådsdirektiv og en kommisjonsregulering. I økologisk produksjon er det tillatt å bruke fosforgjødselprodukter. Dette inkluderer tradisjonelt dyreavfall og resirkulerte fosforgjødselstoffer. Imidlertid er det noen produkter som ikke er tillatt for øyeblikket. Disse inkluderer matrester fra catering og detaljhandel, samt menneskelige avfallsprodukter.

Det er tillatt å bruke forskjellige gjødselprodukter som inneholder fosfor. Dette inkluderer tradisjonelt dyreavfall, så lenge produksjonen ikke er definert som fabrikkdyrking. I tillegg kan resirkulerte fosforgjødselstoffer som behandlet husholdningsavfall (anaerobt gjæret eller kompostert), grønt avfall fra hager og rekreasjonsområder, matavfall fra planter, spesielle dyreavfallsprodukter som kjøtt- og beinmel, treasker og slag fra metallindustrien også brukes som gjødselprodukter. Listen over tillatte produkter kan endres over tid. Siste versjon av EU-forordningen for økologisk produksjon⁵ ble publisert i 2015, og det er i henhold til disse reglene at bruk av marint restråstoff som gjødsel er mulig innenfor lovens rammer [15].

Økologisk landbruk fremstår varierende i forskjellige land, da EU-regler tolkes inn på ulike måter i nasjonale lover. Dessuten dominerer private sertifiseringsorganisasjoner økologisk produksjon i noen land, ved å sette ytterligere standarder i tillegg til EU sine reguleringer. I Norge er det for eksempel den private organisasjonen Debio som sertifiserer økologisk landbruk. Kommersielle aktører, som meieriprodusenter og butikker, kan også ha betydelig innflytelse på næringsstofftilførselen til landbruket. Dette kan innebære begrensninger i bruken av visse jordforbedringstiltak. En oversikt over nasjonale standarder i europeiske land er ikke tilgjengelig [15].

⁵EEC 2092/1991.

I introduksjonserklæringen til rådsforordning⁶ forklares reglene for økologisk produksjon og målene for økologiske produksjonssystemer fastsettes. Disse målene inkluderer gjenbruk av næringsstoffer, opprettholdelse av fruktbare jorder gjennom agronomiske tiltak som plante rotasjon, balansering av dyrehold med tilgjengelige landbruksområder, og bruk av lokale ressurser for å unngå forurensing. Målet med økologisk produksjon er å etablere et bærekraftig produksjonssystem. De overordnede prinsippene fokuserer på bruk av lokale ressurser og jordbaserte metoder, selvberging og begrensning av eksterne innganger. Hvis det er nødvendig å bruke ikke-økologiske materialer, må de være av naturlig opprinnelse, og mineralgjødsel må være lite løselig. Bruk av syntetiske innganger skal unngås så mye som mulig og begrenses til sjeldne tilfeller. Gjenbruk av marint restråstoff til organisk gjødsel bidrar til resirkulering av næringsstoffer og utnyttelse av lokale ressurser, noe som gjør jordbruket mer bærekraftig. Dersom dette kan oppnås, vil det bidra til at landbruket når sine mål og sikrer en mer bærekraftig praksis.

2.1.3 Norsk regelverk

I Norge er produksjon av økologiske varer regulert av den norske staten i tråd med avtalen om det europeiske økonomiske samarbeidsområdet⁷. Reguleringene som gjelder for økologisk landbruk i EU, gjelder også for Norge. Fiskemel er godkjent som gjødsel i økologisk landbruk siden de første offentlige reguleringene ble publisert av EU i 1991. Norsk Mattilsyn har definert sedimenter fra hydrolysert fisk som fiskemel. Gjødselmidler i økologisk landbruk er vanligvis laget av organisk materiale som matavfall eller biprodukter fra matindustrien. Følgelig reguleres de for å sikre at materialet ikke inneholder skadelige stoffer, patogener, plast eller andre uønskede substanser. I tillegg til å følge økologiske reguleringer, er det også krav om regulering av disse faktorene.

Mattilsynet har gitt Debio, en privat medlemsorganisasjon, ansvaret for å sertifisere økologisk produksjon [28]. For å produsere, behandle og markedsføre økologiske matvarer, må bønder og selskaper først godkjennes av Debio. Organisasjonen gjennomfører en årlig gjennomgang av all økologisk produksjon. Som en tjeneste for bønder og gjødselprodusenter, vedlikeholder organisasjonen også en database med gjødsel og jordforbedringsmidler som kan brukes i økologisk landbruk. Produsentene er ansvarlige for å sjekke at produktene deres samsvarer med reguleringer for økologisk landbruk. Inntil 16. april 2020 var det ingen produkter fra fisk eller ferskvann blant produktene oppført på Debios nettside [28]. Lene Nilssen kontaktet Debio i april 2022 og fikk forklart at selv om de noen ganger blir spurt om produkter laget av fiskeavfall (avføring) eller døde fisk, er dette ikke tillatt som gjødsel i økologisk landbruk. I tillegg inneholder som regel død fisk som lagres i silo formikumsyre, som ikke er godkjent som en

⁶EC 834/2007.

⁷EØS-avtalen.

innmatning til gjødselmidler som brukes i økologisk landbruk.

2.2 Gjødselbruk i Norge idag

I 2018 gjennomførte Statistisk sentralbyrå den nyeste undersøkelsen for å kartlegge bruken av mineralsk og organisk gjødsel i Norge [29]. Undersøkelsen omfattet fulldyrket eng, overflatedyrket eng, innmarksbeite, potet, høsthvete, havre, bygg, vårhvete, oljevekster, andre grovfôrvekster, brokkoli/blomkål, gulrot og løk, og dekket i sum 96 % av det totale jordbruksarealet i drift. Undersøkelsen ble gjennomført ved å se på jordbruksbedrifter med enten minimum fem gjødseldyrenheter eller 50 dekar jordbruksareal i drift. En gruppe på 5 260 av 34 249 kvalifiserte jordbruksbedrifter ble valgt ut for å delta i undersøkelsen. Alle som ble valgt ut var underlagt en plikt til å innsamle data, og det ble oppnådde en svært høy svarsats på 97 % [29].

Undersøkelsen viser at i 2018 ble det utført minst én gjødslingsbehandling på 8,5 millioner dekar, 89 % av det totale jordbruksarealet som var inkludert. Av dette var 83 % behandlet med kunstgjødsel og 42 % behandlet med husdyrgjødsel. Tabell 2.2 viser mengdene av de viktigste næringsstoffene nitrogen, kalium og fosfor som ble tilført jordbruksarealet.

Tabell 2.2: Estimert mengde av de viktigste næringsstoffene som ble tilført jordbruksarealet i 2018 [29].

Næringsstoff	Mengde (tonn)
Nitrogen	132 730
Kalium	71 720
Fosfor	15 600

Hoveddelen av husdyrgjødselen ble spredt på jordbruksarealer ved hjelp av en breispreder, og 72 % av totalt jordbruksareal ble gjødslet slik [29]. Området hvor husdyrgjødsel ble spredt ved hjelp av en stripespreder eller ved nedfelling⁸ har økt fra 8 % i 2013 til 16 % i 2018. Tiden det tar fra spredning til nedmolding av husdyrgjødsel på åpne jorder har betydning for tap av ammoniakk og lystgass. I 2018 ble 41 % av arealet moldet ned innen fire timer, sammenlignet med 28 % i 2013.

Lagring av gjødsel fra storfe, svin, sau, geit, hest og fjørfe ble kartlagt i undersøkelsen. Totalt sett ble det lagret 69 520 tonn nitrogen i form av gjødsel i 2018 [29]. Lagring av gjødsel fra storfe utgjorde den største andelen, med 69 %. Hoveddelen av storfegjødsel ble lagret i gjødselkjeller for bløtgjødsel. Fra 2013 til

⁸Metoder som reduserer ammoniakktap under spredning.

2018 økte bruken av gjødselkum for lagring av gjødsel fra stoffe og gris fra 18 til 21 % [29]. Å dekke til utendørs gjødselkummer bidrar til å redusere nitrogenavrenning til luften og luktproblemer. 22 % av det lagrede nitrogenet i kummer, siloer eller laguner i 2018 hadde et dekke.

2.3 Rester fra sjømatsektoren

For hvert tonn fisk som konsumeres, kastes omtrent like mye fiskeavfall i form av havdumping eller landdeponering. Begrepet ‘fiskeavfall’ refererer til for eksempel hele fisken (døde eller skadde fisk), fiskeavskjær, samt spesifikke vev som hoder, tarm, haler, finner, skinn, skjell og bein. Lokale forhold og infrastruktur i fiskerinæringen avgjør hvordan fiskeavfallet blir utnyttet og viderebehandlet. Det kan for eksempel behandles til proteiner, aminosyrer, peptider, kollagen, olje, mineraler, enzymer og smaker for mat-, fôr-, tekniske- og farmasøytiske formål, så lenge det oppfyller relevante standarder [30]. Fiskeavfall som ikke oppfyller kravene kan brukes til energiproduksjon og gjødsel. Det er blitt mer aktuelt å benytte fiskeavfall til produksjon av gjødsel for å gjøre fiskerinæringen mer sirkulær.

Fisk og skalldyr har en lang tradisjon som gjødsel. I Nordland ble ryggbein og hoder av torsk og rester av sild brukt som gjødsel på beitemark og kulturvekster, direkte eller etter kompostering. Samtidig med økt interesse for kommersielle gjødsel ble det etablert fabrikker i Norge for å produsere ‘fiskguano’ på 1880-tallet. Hodene på torsk og annet fiskeavfall ble dampet eller behandlet med svovelsyre, tørket, malt og eksportert. Kommersielle fiskbaserte gjødselprodukter er tilgjengelige for planter både innen jordbruk og hagebruk, men er sjelden brukt i Nord-Europa, spesielt ikke innen økologisk landbruk. OMRI⁹ er en internasjonal ikke-profittorganisasjon som bestemmer hvilke råvareprodukter som er tillatt å bruke i produksjon og bearbeiding av økologiske produkter [31]. Per januar 2020 er 157 fiskbaserte gjødselprodukter listet opp av OMRI og tillatt for bruk innen økologisk landbruk. Tilgjengeligheten av kommersielle fiskbaserte gjødselprodukter tyder på at dette er en lønnsom industri [30].

2.3.1 Egenskaper til marint restråstoff som gjødsel

Avlingsplanter inneholder omtrent 30 gram mineraler per kilo ferskt plantemateriale, deriblant seks viktige makronæringsstoffer: nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium og svovel [32]. De fleste jordarter er avhengige av jevnlig tilførsel av gjødsel som inneholder alle makronæringsstoffene og tretten mikronæringsstoffer for optimal vekst. Fiskbasert gjødsel inneholder vanligvis

⁹Organic Materials Review Institute.

store mengder av næringsstoffene nitrogen, fosfor og kalsium i forhold til behovet til avlingsplanter [33–36]. Slike gjødselprodukter har vanligvis også en viss mengde svovel, men de er mindre balanserte når det gjelder makronæringsstoffene kalium og magnesium som avlingsplanter trenger.

Nitrogengjødselindustrien som omsetter for flere milliarder hvert år viser hvor viktig nitrogen er i avlingsproduksjon [37]. Fosfor er også et essensielt makronæringsstoff for jordbruk og matproduksjon. Over 85 % av fosfor som brukes i jordbruket kommer fra begrensede fosfatbergarter [16, 38]. Egenskapene til jorden påvirker tilgjengeligheten av fosfor for avlingsplanter. For eksempel har laterittjord i tropiske områder en høy bindende kapasitet for fosfat, noe som begrenser P-tilgjengeligheten. I kalkholdig og alkalisk jord begrenser en høy pH-verdi tilgjengeligheten av P for plantene. Dette gjør at gjødsel som inneholder mye fosfor, har mange anvendelsesmuligheter.

Fiskebein består av 60 – 70 % mineraler, hovedsakelig kalsium og fosfor i form av hydroksyapatitt¹⁰ [39, 40]. Fiskeskjell er også næringsrike, spesielt på nitrogen. De inneholder også P og Ca, da de består av et lag med hydroksyapatitt og kalsiumkarbonat rundt en kjerne av kollagen¹¹ [41, 42]. I en studie blir det utført elementanalyse av vev fra pelagiske fiskearter. Resultatene viser at Ca, P, K, Mg, Na, Si og Al er de mest vanlige elementene, avhengig av hvilket organ som blir analysert. Imidlertid blir ikke N-innholdet analysert i dette studiet [43].

Næringsinnholdet i marint restråstoff er forsket på. Før analyse blir fiskearter nøye behandlet ved å fjerne ikke-spiselige deler, kappe av hodet på dem, sløye dem, vaske dem og filetere dem. Fiskebein blir hydrolysert. N:P:K ratioene for innlandsfangst er 120:11:13, og for fisk fra sjøfangst er disse 130:16:11 [44]. Disse forholdene angir mengden gram nitrogen, fosfor og kalium per kilo tørrstoff. Disse tallene tydeliggjør at næringsinnholdet i fiskeavfall er egnet for produksjon av organisk gjødsel. Fra sjøfangst er gjennomsnittlig innhold av kalsium 21,0 gram per kilo tørrstoff. Den ernæringsmessige sammensetningen mellom arter kan variere med fiskens størrelse og med inkludering/ekskludering av vev som hode, bein og innvoller. Gjennomsnittlig Ca-innhold i spiselige deler av fisken er observert å være 31 gram per kilo tørrstoff [45]. Gjennomsnittlig N-innhold er omtrent det samme i begge studiene, 12 – 13 % av tørrstoffet.

I en studie av bein fra torskehoder ble det gjennomført pilotproduksjon av hydrolyse for å fjerne muskelvev [46]. Studien bekrefter at beinene har en høy konsentrasjon av kalsium på 300 gram per kilo tørrmasse og fosfor på 120 gram per kilo tørrmasse. I en annet norsk studie separeres bein fra ulike fiskearter etter ulike prosesseringssteg, og deretter frysetørkes de [47]. Resultatene viser at N-innholdet i fiskebeinene varierer mellom 4 og 7 % av tørrmasse, P-innholdet ligger mellom 90 og 123 gram per kilo tørrmasse, Ca-innholdet er mellom 140 og 239 gram per kilo tørrmasse, og Mg-innholdet er omtrent 2 til 4 gram per kilo

¹⁰Mineralforbindelse som finnes naturlig i bein og tenner.

¹¹Et protein i fiskeskjell.

tørrmasse. Fiskepulver som produseres ved bearbeiding av tørkede tunfisk–kadavre og gjeller viser høye kalsiumnivåer sammenlignet med pulver fra avskjær [46]. Kalsiuminnholdet ligger på 144 og 166 gram per kilo tørrmasse for kadavre og gjeller, mens det er 11,2 gram per kilo tørrmasse for avskjær. Pulveret fra kadavre og gjeller viser også nesten dobbelt så høyt innhold av fosfor sammenlignet med avskjær. Når det gjelder nitrogen, har avskjærpulveret nesten dobbelt så høyt totalt nitrogeninnhold, 14 % av tørrmasse, sammenlignet med kadavre og gjellepulver, som har 5 – 7 % av tørrmasse.

I en studie som sammenligner forbrente avfallsbein fra fisk og kylling for utfelling av struvitt, blir det funnet at fiskebein har litt høyere konsentrasjoner av fosfor og kalsium sammenlignet med kyllingbein. Fiskebein har en konsentrasjon på henholdsvis 170 gram fosfor og 221 gram kalsium per kilo tørrmasse, mens kyllingbein har en konsentrasjon på henholdsvis 155 gram fosfor og 210 gram kalsium per kilo tørrmasse [47].

Analyse av fiskeskjell fra fem forskjellige fiskearter viser at nitrogeninnholdet varierer fra omtrent 5 til 11 % [42]. I en nylig studie analyseres innholdet av fosfor og kalsium i prosesserte biprodukter, inkludert fiskebein, gjeller, tarmer, muskler og hud [48]. P–innholdet varierer fra 1,8 til 13 gram per kilo, der fiskebein viser omtrent 10 gram per kilo og hoder 13 gram per kilo. Dataene blir imidlertid ikke presentert per gram tørrmasse. Hoder og fiskebein viser også høye kalsiumnivåer, fra 16 til omtrent 24 gram per kilo. K–innholdet er generelt lavt i fiskebein og andre faste avfallsprodukter, og varierer fra 0,003 til 1,7 gram per kilo tørrmasse, sammenlignet med prosessert fisk (10,5 og 13,2 gram per kilo tørrmasse, henholdsvis).

Fisk og fiskeavfall inneholder betydelige mengder mineraler og næringsstoffer som potensielt kan bidra vesentlig til å oppfylle de ernæringsmessige kravene til avlinger.

2.4 Bearbeiding av fiskeavfall for bruk som gjødsel

Marint restråstoff kan bearbeides til stabiliserte flytende eller faste former for gjødsel. Det kan også kombineres med andre materialer for å produsere fiskekompost eller benyttes som substrat i anaerob nedbrytning¹².

Avhengig av bearbeidingsmetoden, brukes forskjellige begrep for å beskrive produkter laget av restråstoff. Disse inkluderer fiskeemulsjon, oppløselige næringsstoffer fra fisk, hydrolysert avfall, fiskemel og fiskepulver. Bearbeidingsprosessene varierer basert på materialet og kan omfatte malming,

¹²En prosess der organiske materialer brytes ned uten bruk av oksygen.

oppvarming, pressing eller sentrifugering, separasjon av faste og flytende faser, og tørking av faste materialer [49]. Oppvarming brukes til å koagulere proteiner, bryte ned fettavsetninger og frigjøre olje og fysiokjemisk bundet vann. Den flytende fasen blir deretter separert i olje og vannløselige stoffer, mens den faste fasen brukes til å produsere fiskemel. Produksjonen av fiskemel innebærer vanligvis oppvarming, pressing, separasjon, fordampning, tørking og malming [39, 50]. Forskjellige tørketeknikker som frysetørking, spraytørking og ovenstørking kan brukes. I tillegg kan fiskemel også produseres ved gjæring [51].

Fiskehydrolysat kan gjennomgå videre tørking for å produsere fiskemel, fiskebeinmel eller fiskepulver. Disse produktene brukes i dyre- og fôrproduksjon, som gjødsel eller blir blandet med andre materialer for å lage fiskekompost [52, 53]. Fiskemel eller fiskebeinmel kan brukes i både faste og flytende gjødselprodukter. Hvis det skal brukes i flytende form, må melet males fint slik at det kan holdes i suspensjon og strømme gjennom sprededyser når det blir sprøytet ut [33].

2.4.1 Fiskehydrolysat

Fiskehydrolysat, også kjent som fiskeensilasje, kan produseres på ulike måter. En metode innebærer bruk av enzymer for å bryte ned fisken og gjøre den flytende. Deretter stoppes prosessen ved å tilsette syrer eller bruke gjæringsmidler [54–56]. Fiskehydrolysat kan også fremstilles ved å hakke fisken, tilsette syre og blande grundig [39]. Syreensilasje er et flytende produkt laget av hele fisk eller fiskeavfall, ved hjelp av enzymer og syrer. Syreensilasje refererer til ensilasje produsert ved tilsetning av syrer, mens gjæret ensilasje produseres ved bruk av gjæringsmidler. Gjæret fiskeensilasje produseres ved gjæring med melkesyrebakterier og tilsetning av gjærbare sukkerarter. Disse metodene har anvendelser innen fôrproduksjon, gjødsel og avfallshåndtering [57].

2.4.2 Fiskekompost

Kompostering er en biologisk nedbrytningsprosess av organisk materiale til et stabilt, humuslignende produkt [58]. Prosessen involverer mikroorganismer som bryter ned organisk materiale. Kompostering av marint restråstoff er en effektiv metode for å redusere volumet av materialet og produsere næringsrik kompost som kan brukes som gjødsel. Det er viktig å overvåke faktorer som pH, fuktighet og forholdet mellom karbon og nitrogen for vellykket kompostering. Fiskeavfall kan være en verdifull ressurs for å oppnå et optimalt karbon/nitrogen-forhold og produsere kompost av god kvalitet [59]. Forskjellige tilsetninger som sagflis, bark, blader og halm kan blandes med fiskeavfall for å produsere kompost. Komposteringsmetoder kan variere fra enkle til mer komplekse systemer.

Resultatet er stabil, hygienisk og organisk gjødsel som kan brukes i økologisk landbruk [60].

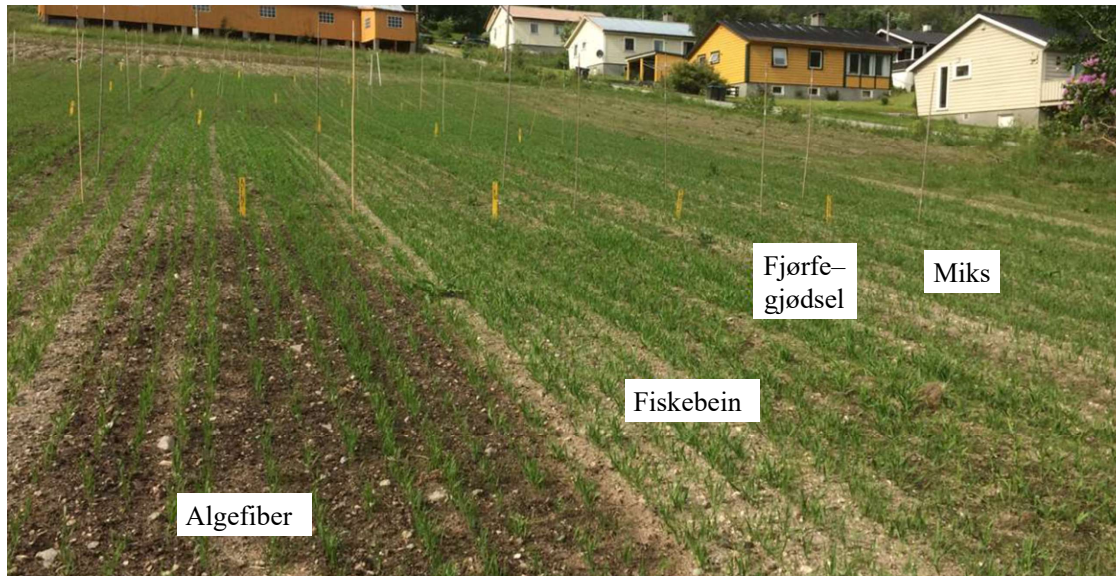
2.4.3 Anaerob fordøyelse av fiskeavfall

Anaerob fordøyelse (AD) i biogassanlegg er en etablert teknologi for resirkulering av biologisk nedbrytbart fast avfall [61, 62]. Under AD brytes organisk materiale ned i et oksygenfritt miljø og produserer biogass og digestat (nedbrutt materiale). Digestatet inneholder viktige plantenæringsstoffer som N og P og kan derfor brukes som gjødsel eller jordforbedringsmiddel. Fiskeavfall kan inneholde fett, proteiner og mineraler, og kan benyttes i anaerob fordøyelse i kombinasjon med annet organisk avfall for å generere energi og bidra til produksjon av bioenergi [39]. Studier har undersøkt anaerob fordøyelse av fiskeavfall med ulike materialer som kugjødsel, plantemateriale og markedssjøppel. En patent har også blitt presentert for å generere et gjødselprodukt basert på AD av fiskeavfall kombinert med stabiliserte flytende fiskeprodukter [63].

2.5 Marint restråstoff som gjødsel til økologisk landbruk

I prosjektet RESTOR¹³ ble bruken av restråstoff fra hvitfisk med høyt innhold av bein (torsk, sei, hyse, lange og brosme) som gjødsel til økologisk landbruk testet ut. Forsøkene ble gjennomført både innendørs og ute i felt. Dette delkapittelet presenterer og diskuterer resultatene fra studien [64]. Resultatene viser at fiskebein har en rask gjødselvirkning året det tilføres. Det observeres også en ettervirkning som er sammenlignbar med tørket hønsegjødsel. Rester av algefiber er også testet ut som flytende gjødsel. Det viser seg å ha en positiv og langvarig virkning, men en mer langsom gjødselvirkning. Middelet inneholder også kadmium og kategoriseres derfor som jordforbedringsmiddel klasse II. Inntil 2 tonn tørrstoff kan tilføres dyrka jord per dekar over en periode på 10 år [64]. I 2020 ble tilsvarende mengde benyttet i et forsøk med raigras. Forholdstall mellom kalium, magnesium, og kalsium i plantematerialet ble betydelig høyere enn det som anses som risikabelt for å utløse graskrampe hos drøvtyggere. For å unngå overdrevet opptak av kalium i plantene anbefaler forskerne at den tillatte mengden algefiber deles opp i to porsjoner over en periode på 10 år. Siden både algefiber og fiskebein er ubalanserte gjødseltyper når de brukes separat, kan det være hensiktsmessig å blande disse produktene. I RESTOR ble en blanding der 30 % av nitrogenet ble tilført i form av algefiber, mens 70 % ble tilført i form av fiskebein benyttet. Dette blandingsforholdet resulterte i gode avlinger både i tilførselsåret og i årene etterpå.

¹³Restråstoffer fra havet som gjødsel til økologisk landbruk.



Figur 2.2: Åkertomter kort tid etter spiring av havreplanter, bildet er tatt 12. juni 2019 av Anne-Kristin Løes [64].



Figur 2.3: Høsting av åkeren, bildet er tatt 31. juli 2019 av Anne-Kristine Løes [64].

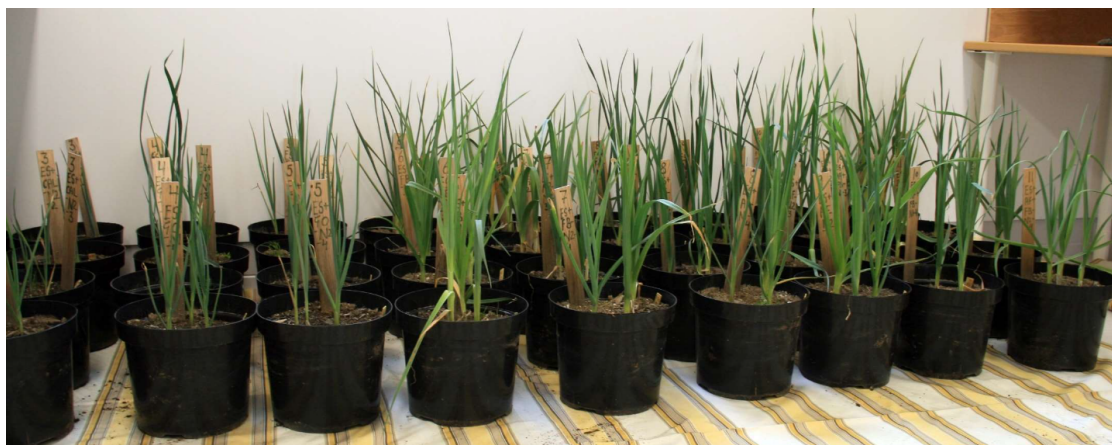
Interessen for alternative gjødselmidler har økt i forsøksperioden. Europa ønsker ikke å være avhengig av å importere fosfor og kalium fra andre verdensdeler, eller land de er i konflikt med. Næringsstoffer rik på både fosfor og kalium er tilgjengelig i råstoff fra havet. Utfordringen er å finne løsninger for stabile leveranser, samt effektiv råstoffhåndtering og kombinerings. En annen barriere er behovet for lover og forskrifter tilpasset gjødsel produsert av restråstoff fra sjømatsektoren [64]. Det foreslås i et utkast til en ny lov å innføre grenseverdier

for arsen i gjødsel og jordforbedringsmidler. Disse verdiene gjør bruk av tang og tare til jordforbedring vanskelig. Ytterligere kunnskap er nødvendig for fastsettelse av riktige nivåer.

Forskningen til NORSØK viser at fiskebeinmateriale fra oppmalte og hydrolyserte hvitfiskarter som er forsuret kan inneholde betydelige mengder nitrogen. Etter noen uker fra materialet er fjernet fra hydrolysetanken, kan nitrogenkonsentrasjonen tilsvare konsentrasjonen i nykværnet hvitfiskrygg, hvor omtrent 11 % av tørrstoffet er N [64]. Omtrent 4 % av tørrmaterialet er N når det totale nitrogennivået stabiliserer seg etter noen måneders lagring. Hvis ferskt eller surgjort beinmateriale fra hvitfisksektoren tørkes, risikerer man tap av N. Imidlertid vil tørking i de fleste tilfeller ikke resultere i redusert N-konsentrasjon [64].

Videre forskning bør ta hensyn til representativiteten av de høye nivåene av N i ferskt forsuret hvitfisksedimenter, spesielt når materialet nylig er fjernet fra hydrolysetanker. Dette vil bidra til å optimalisere utnyttelsen av næringsstoffer fra hvitfiskindustrien og sørge for mer effektiv og bærekraftig gjødselproduksjon.

Potteeksperimenter viser forskjellene mellom gjødselbehandlinger, men det er viktig å huske at praktisk dyrking kan føre til andre resultater når det kommer til utbytteundersøkelser. Bein fra torskehoder inneholder store mengder fosfor og kalsium. Fiskebeinmateriale gir bedre avling sammenlignet med N-gjødsel og fjørfegjødsel, selv om mengden tilført N i fiskebein er betydelig lavere [64]. Forsurt fiskemateriale viser spesielt god effekt på tidlig plantevekst og øker biotilgjengeligheten. For å oppnå optimal effekt på plantevekst bør fjørfegjødsel graves ned i en betydelig jorddybde, mens dette ikke er nødvendig for fiskebeinmateriale.



Figur 2.4: Bein fra torskehoder inneholder fosfor og kalsium. Bildet er tatt av Anne-Kristin Løes [64].

For vekster som krever langvarig næringsopptak, som for eksempel purre, viser forskningen at påføring av algefiber kan gi økt plantevekst i påføringsåret. Selv om algefiber har et lavt fosforinnhold, gir det likevel en betydelig positiv effekt på etterfølgende avlinger [64]. Dette kan skyldes det høye innholdet av andre mineraler som kalium og svovel. Fiskebeinmateriale har en positiv effekt på etterfølgende avlinger på grunn av sitt innhold av fosfor og kalsium som bidrar til økt vekst. Det antas at nitrogenet i fiskebeinmateriale forbrukes i løpet av den første vekstsesongen.

Fiskebeinmateriale har en høy konsentrasjon av ammonium, mens algefiber har en høy pH og muligens høy ledningsevne. Høye mengder av begge disse kan imidlertid hemme spiringen av frø både fra ugress og avlingsplanter. Det er viktig å være oppmerksom på dette når man velger hvilket gjødselmateriale man vil bruke [64].

Mengden av restråstoff fra sjømatsektoren brukt i studier er realistisk for å evaluere effekten på konsentrasjonen av næringsstoffer og miljøgifter i jord og planter. Dette er under antagelsen om at materialet brukes direkte som jordforbedringsmiddel. NORSØK studie [64] viser at gjødsling må balanseres for å dekke næringsbehovet til avlinger. For å unngå graskrampe hos drøvtyggere i påfølgende vekstsesonger, må mengden algefiber som tilføres nøye vurderes. I påføringsåret skal plantemateriale ikke brukes som fôr til drøvtyggere. En konsekvens av algefiberpåføring er økte jordkonsentrasjoner av arsen og kadmium. Resultatene tyder ikke på at fiskematerialet påvirker konsentrasjonen av miljøgifter i jorden. Ingenting indikerer at påføring av algefiber øker konsentrasjonen av arsen eller kadmium i planteoverjordisk materiale. Dette til tross for økte konsentrasjoner av arsen i jorden. For å få bedre innsikt i hvordan arsen fra marine materialer påvirker plantene og jordmiljøet, er det nødvendig med flere vitenskapelige studier. Mer forskning på norske forhold og dynamikken i plant–jordsystemet er essensiell [64].

2.6 Sjømatsektoren og bruk av marint restråstoff i Norge

2.6.1 Norsk sjømatnæring

Den norske fiskeindustrien omfatter verdikjeder basert på fangst av torskvarianter, pelagiske arter, flyndrefisk og bunnlevende arter, skjell og andre bløtdyr. Disse verdikjedene inkluderer landinger og høstinger, bearbeiding, og salg eller eksport av fisk og sjømat [65]. I løpet av de siste 30 – 40 årene har fiskeindustrien gjennomgått betydelige endringer. Fra å være en næring med nesten fri tilgang til fiskeressurser, er den nå svært regulert med færre fiskere og

fartøy [66]. Reguleringen av norsk fiskeri er basert på internasjonal lov og samarbeid. I 2017 og 2018 var Norge den niende største nasjonen innen fangstfiskeri i verden [67, 68]. Fra 2002 til 2019 varierte fangsten av marine arter (omregnet til levende vekt) fra 2,2 til 2,8 millioner tonn [69]. Mengden fisk fanget og eksportert fra Norge har variert gjennom årene. I 2009 var det omtrent 1,79 millioner tonn, mens det i 2010 økte til 1,86 millioner tonn. I de påfølgende årene har mengden variert mellom 1,41 og 1,63 millioner tonn. Imidlertid har eksportverdien av fanget fisk økt jevnt fra 2014 til 2019, fra rundt 22,50 – 30,80 milliarder NOK [70].

2.6.2 Marint restråstoff til produksjon av marine ingredienser

Hvert år fanges og tas det om bord på skip omtrent 1,8 – 2,2 millioner tonn fiskeavfall fra hvitfisk, pelagisk fisk og skjell [71]. Dette materialet blir enten bearbeidet videre til produkter som mel og olje, eller ført til land for bearbeiding. Restråstoff fra fisk er de uønskede eller ikke-konsumerbare delene som oppstår under fiskebearbeiding og videreforedling. Omtrent 24 – 26 % av dette råmaterialet består av deler som hoder, ryggvirvler, tarmer, rogn og melk, som kan utnyttes videre [71]. Det meste restråstoffet fra pelagisk fisk utnyttes til fiskemel og fiskeolje, og det har vært en økning over tid i utnyttelsen av råstoffet fra hvitfisk. Mengden rester fra skjell er mindre sammenlignet med hvitfisk, og utnyttelsen av dette materialet er begrenset. For øyeblikket finnes det over 60 spesialiserte norske selskaper som bruker marint restråstoff til å produsere marine ingredienser. Disse selskapene er engasjert i forskjellige aktiviteter. Dette inkluderer silopreservering og raffinering, produksjon av fiskemel og fiskeproteinhydrolysat, produksjon av produkter for menneskelig konsum, produksjon av frosne fiskefileter og snitt for pelsdyroppdrettere, samt fiskeforedlingsvirksomhet innen hvitfiskindustrien [71]. Kvalitetskravene for råstoffet er fastsatt i 'Forskrift om kvalitet på fisk og fiskeprodukter' [72]. Disse forskriftene inneholder ulike krav som gjelder for forskjellige typer restråstoff. Blant annet omfatter kravene bruken av råstoffet i produksjonen av fiskemel, fiskeproteinhydrolysat og andre marine ingredienser for menneskelig konsum. I kapittel 4 presenteres en grundigere analyse av mengden restråstoff og deres anvendelsen.

2.6.3 Potensiale for bruk av marint restråstoff som gjødsel

Det har vært en betydelig økning i utnyttelsen av restråstoff fra hvitfisk i løpet av de siste årene. I 2012 var utnyttelsesgraden mindre enn 40 %, mens den i 2018 hadde økt til nesten 60 % [71]. Denne økningen tilsvarer omtrent 300 000 tonn av

det utnyttede materialet. Til tross for denne økningen er det fortsatt tilgjengelig 40 % av restråstoffet, som utgjør rundt 120 000 tonn per år. Dette utgjør en betydelig mengde materiale som kan utnyttes. Dersom vi antar at fiskeavfall inneholder 30 % tørrstoff, og at 10 % av tørrstoffet er fosfor, betyr dette at det årlig produseres omtrent 3 900 tonn P. I 2018 var den årlige bruken av P som dyre- og mineralgjødsel i Norge 15 600 tonn [29]. Ved å utnytte fiskeavfall til gjødsel i jordbruket kan dagens avhengighet av import av fosfor i form av fosfatstein reduseres. Som allerede kartlagt er fosfor en viktig ressurs ifølge EU [16]. Fiskebein kan utnyttes til å produsere fosfor, for eksempel ved løsning av fiskebein [73], eller ved direkte bruk av hydrolyserte fiskebein til gjødsling [74].

Tidligere har en betydelig mengde fiskeavfall fra hvitfisk blitt brukt som fôr til pelsdyr. Imidlertid er denne bruken nå begrenset på grunn av et forbud mot pelsdyrhold i Norge [75]. Bønder som hadde pelsdyr før januar 2018 kan beholde dem frem til februar 2025, men etter denne datoen vil pelsdyrhold være forbudt i Norge. Denne endrede situasjonen åpner opp for muligheten til å etablere en industri for marinbaserte gjødselprodukter. For øyeblikket kaster noen fiskebåter restråstoff i havet på grunn av begrenset lagringskapasitet om bord. Imidlertid blir nye skip utstyrt med lagringsløsninger for all fangst, noe som øker tilgjengeligheten av restråstoff til gjødsling. Disse utviklingene skaper ytterligere muligheter for etablering av en industri for marinbaserte gjødselprodukter [30].

Marint restråstoff fra lakseoppdrett er ikke relevant i denne sammenhengen. Dette skyldes at det ikke kan brukes til sertifisert økologisk gjødsel, da laksen blir fôret med industrielt produsert fôr. Fôret er basert på råvarer fra industrielt landbruk, noe som er i strid med prinsippene for økologisk jordbruk. Selv om dette råstoffet eventuelt kunne være egnet for organisk gjødsel, er det viktig å merke seg at det er begrenset mengde restråstoff fra fiskeoppdrett tilgjengelig. Denne næringen utnytter i stor grad det meste av fiskeavfallet internt. Dette vil bli nærmere diskutert senere.

Gjødsel kommer ofte fra tørket hønsegjødsel, men blir beriket med diverse materialer. En potensiell berikelsesmulighet er å tilsette fiskebein, som kan være like effektivt som bruk av kjøttbeinmel slik det gjøres i dag. I dag benyttes en rekke organiske materialer, som kan erstattes med marint restråstoff. Eksempler på slike materialer inkluderer urea, som brukes for å øke nitrogeninnholdet, kalisalte, som bidrar til å øke kaliuminnholdet, kjøttbeinmel, som øker nitrogen- og fosforinnholdet, samt vinasse fra sukkerbeter, som øker kaliuminnholdet. Ved å erstatte disse materialene med marint restråstoff kan man oppnå en mer bærekraftig og ressurseffektiv produksjon av gjødsel.

Kapittel 3

Data og metode

3.1 Data

I oppgaven har det blitt benyttet sekundærdata fra rapporter som kartlegger tilgjengeligheten av marint restråstoff. De andre viktige kildene til informasjon er kvalitative data basert på intervjuer og møter med ulike aktører innen sjømat- og landbruksnæringen. I tillegg til disse datakildene har det også blitt utført litteraturstudier for å få en bredere forståelse av emnet. Dette har inkludert gjennomgang av relevante faglige publikasjoner og vitenskapelige artikler. Gjennom en kombinasjon av disse ulike datakildene har det blitt mulig å utforske potensialet for å etablere en ny verdikjede som produserer gjødsel ved å utnytte marint restråstoff.

3.2 Metode

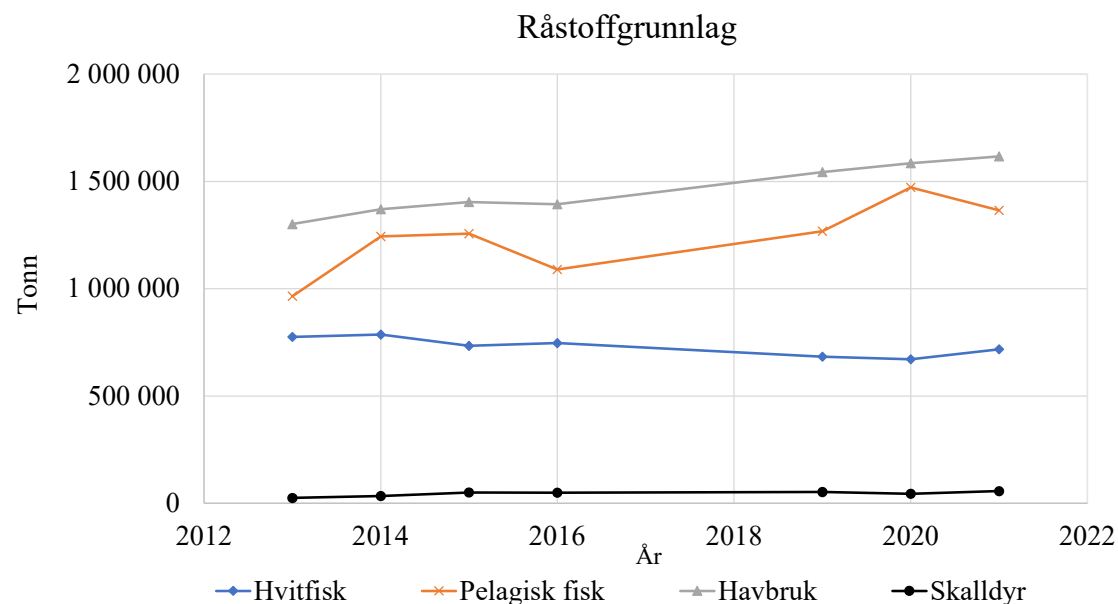
Metoden som ble benyttet involverte gjennomføring av kvalitative intervjuer og innsamling av kvalitativ informasjon gjennom møter med nøkkelpersoner innen sjømat- og naturgjødselnæringen. Dette var avgjørende for å oppnå en representativ og omfattende dekning av kunnskapsområdene. Valget av metode var primært eksplorerende, da det ikke eksisterte en klar hypotese på forhånd og utfordringene var usikre. Kontakten med bransjeeksperter var essensiell for å oppnå innsikt i temaet som skulle undersøkes. Strategien var å forstå utfordringene fra både sjømat- og naturgjødselprodusentenes perspektiver, da de representerer de viktigste leddene i etableringen av en ny verdikjede som utnytter restråstoff fra havet til produksjon av organisk gjødsel. Fokuset ble begrenset til disse perspektivene, uten involvering av bønder for eksempel. I en oppstartsfase, der kommersielle produkter ennå ikke er etablert, er det sjømat- og gjødselprodusentene som er de sentrale aktørene i produksjonen av produktet.

Kapittel 4

Analyse

4.1 Analyse av sekundærdata

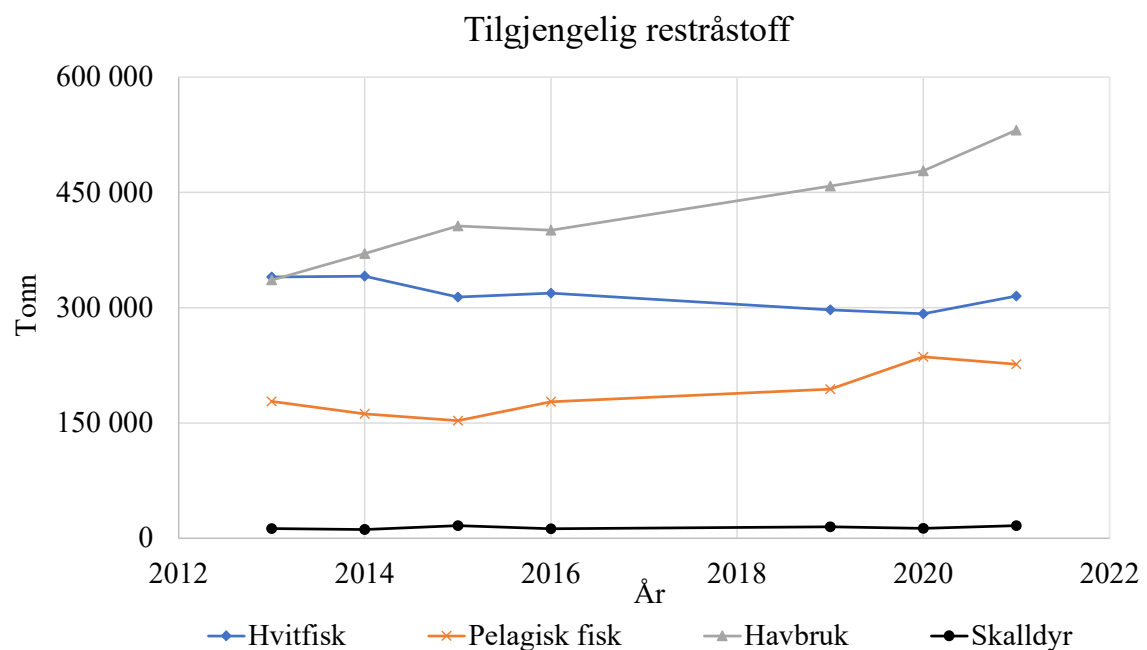
Figur 4.1 illustrerer fordelingen av råstoffgrunnlaget (målt i levende vekt) mellom ulike sektorer fra 2013 til 2021, med unntak av årene 2018 og 2019, da dataene ikke er tilgjengelige. Råstoffgrunnlaget inkluderer all villfanget og oppdrettet fisk, skalldyr og bløtdyr fra kvoter/konsesjoner i norske farvann som har blitt landet og/eller prosessert i Norge.



Figur 4.1: Utviklingen i mengden av råstoff fordelt i sektorer fra 2013 til 2021 (data for 2017 og 2018 mangler) [1, 76–80].

Hvitfisksektoren består av torsk, hyse, sei, blåkveite, lange, brosme, uer og steinbit. Pelagisk fisk inkluderer sild og makrell, og lodde inkluderes når det er tilgjengelig. Skalldyrsektoren representerer reker, taskekrabbe, snøkrabbe og kongekrabbe. Havbruksektoren dekker fangst av laks og ørret.

Marint restråstoff er en verdifull ressurs i den norske sjømatnæringen og har stor betydning for verdiskapning. For å utnytte restråstoffet mer effektivt har sjømatsektoren og forsknings- og utviklingsmiljøene økt fokuset på å finne bærekraftige løsninger [1]. Beregninger viser at det har vært tilgjengelig en betydelig mengde restråstoff for videre anvendelse fra perioden 2013 til 2021, som vist i figur 4.2.



Figur 4.2: Utviklingen i mengden av tilgjengelig restråstoff fordelt i sektorer fra 2013 til 2021 (data for 2017 og 2018 mangler) [1, 76–80].

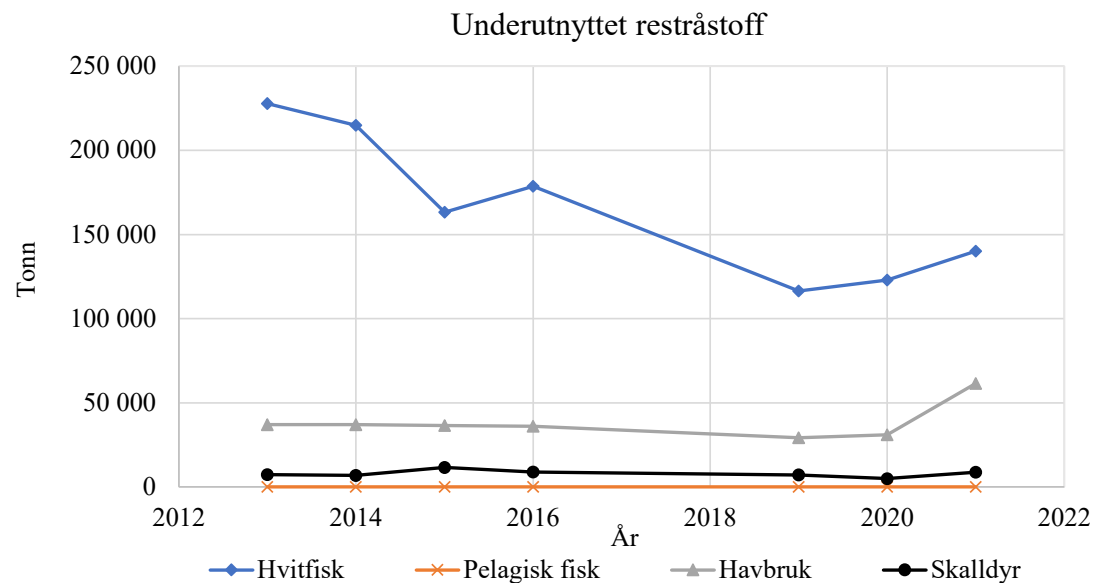
Fiskens hovedprodukter blir solgt på tre forskjellige måter: rundfrossen (for eksempel makrell og lodde), hel og sløyd (som laks, ørret og hvitfisk) og filetert og flådd (slik som sild, laks og torsk). Pelagiske arter som sild, makrell, kolmule og lodde som hovedsakelig blir solgt som rundfrossen, genererer ikke avfall før etter tining og videre bearbeiding i markedene. Hvitfisksektoren har det største potensialet for anvendelse av underutnyttet marint restråstoff til organisk gjødsel som kan brukes i økologisk jordbruk. Noen av de mest kjente restråstoffproduktene fra hvitfisk er hoder, tunger, lever, rogn og melke [1].



Figur 4.3: Restråstoff fra hvitfisksektoren [80, 81].

Andre relevante produkter inkluderer avskjær, skinn, bein, rygger, mager, tarmer og svømmeblærer. Blod fra hvitfisk kan være et potensielt produkt, men fragmentering og spredning gjør det vanskelig å anvende. Restavfall fra sjømatindustrien utgjør en betydelig mengde, men optimal utnyttelse er vanskelig på grunn av teknologiske utfordringer og ulønnsomme rammebetingelser. Likevel er det en positiv utvikling i benyttelsen av restråstoff, hvor avanserte teknologiløsninger blir introdusert i nye havgående fartøy. I 2021 økte den tilgjengelige mengden restråstoff med 7 %, men utnyttelsesgraden gikk ned med 2 % sammenlignet med 2020 [1]. Den svake nedgangen i utnyttelsesgraden skyldes økte kvoter for hvitfisksektoren, hvor utnyttelsesgraden er lavest. Imidlertid må denne nedgangen også sees i lys av ringvirkningene av COVID-19. Pandemien påvirket landindustriens fokus på håndtering av restråstoff i en periode hvor markedet endrer seg raskt. Det oppsto vanskeligheter knyttet til arbeidsinnvandring i tiden før torskesesongen, noe som både landindustrien og fartøyene er helt avhengige av. Spesielt ved starten av sesongen var disse utfordringene merkbare [1].

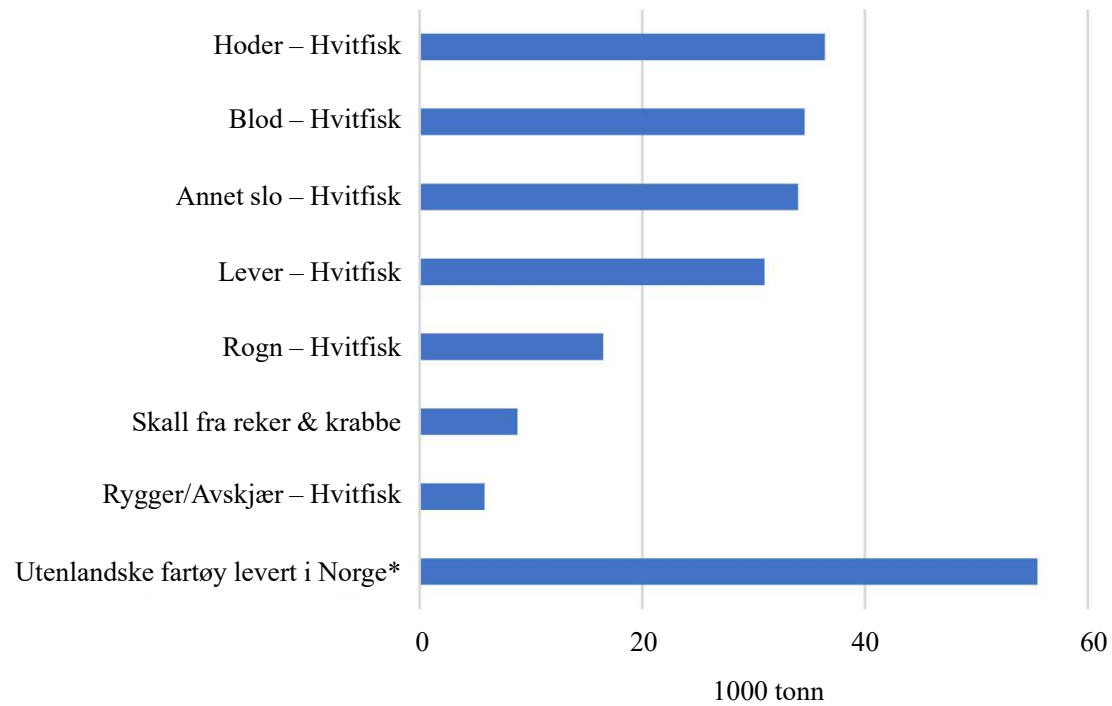
Endringer i kvoter og bearbeidingsgrader påvirker tilgjengeligheten av restråstoff. For eksempel sank torskekvoten i perioden 2015 – 2020, mens kvoten for pelagisk fisk økte. I samme periode økte filtrering av makrell [80]. Havbruksnæringens produksjonsutvikling og bearbeidingsgrad har ført til en jevn vekst i restråstoff. I perioden 2016 – 2021 og 2015 – 2020 økte utnyttelsen av restråstoff fra hvitfisksektoren med henholdsvis 25 og 21 %. Hoder og slo fra hvitfisk utgjør store volumer av restråstoffet som forblir ikke-utnyttet [79]. Figur 4.4 på neste side illustrerer mengden underutnyttet restråstoff fra de ulike sektorene.



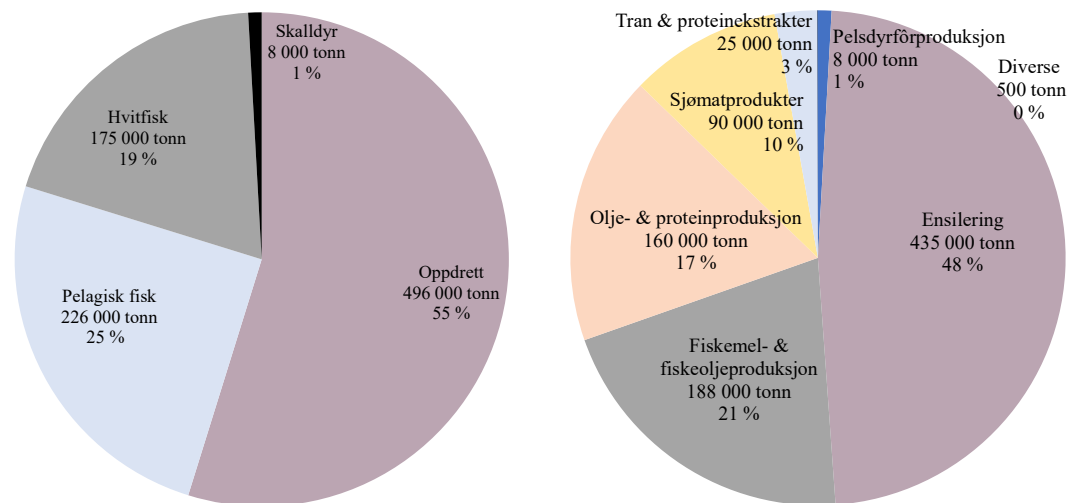
Figur 4.4: Utviklingen i mengden av underutnyttet restråstoff fordelt i sektorer fra 2013 til 2021 (data for 2017 og 2018 mangler) [1, 76–80].

I pelagisk fiskeri og havbrukssektoren blir alt restråstoff som prosesseres i Norge benyttet. Det eneste restråstoffet som er underutnyttet i havbruksnæringen, og som grafen viser, er blod. Følgelig øker og synker utnyttelsen og tilgjengeligheten av råstoffet parallelt. Det er imidlertid viktig å merke seg at som tidligere nevnt i kapittel 2, er restråstoff fra denne sektoren uansett ikke aktuelt å benytte til produksjon av organisk sertifisert gjødsel. I hvitfisksektoren synker mengden tilgjengelig restråstoff samtidig som utnyttelsen øker. Bedre ivaretagelse av restråstoff i fangstleddet og markedsutvikling av produktene gjør dette mulig [1]. Akkurat nå går utnyttelsen i denne sektoren ned av grunner nevnt tidligere, pandemi og økte kvoter for torsk. Forskning og utviklingsarbeid øker utnyttelsen av restråstoff fra skalldyrsektoren. Figur 4.5 på neste side viser mengden fraksjonstyper som forblir underutnyttet fra sektorene. Hoder og slo fra hvitfisk, samt fritt blod fra havbruk utgjør de største volumene.

I 2021 er det beregnet at totalt 90 600 tonn restråstoff ble utnyttet, noe som tilsvarer en økning på 5 % sammenlignet med 2020 [1]. Mengden totalt underutnyttet råstoff har økt på grunn av god tilførsel fra fiskeriene, økt slaktevolum og innenlandsk foredling innen havbruksnæringen. Figur 4.6 på neste side illustrerer mengden benyttet restråstoff fra ulike sektorer og hva det blir anvendt til, basert på data fra 2021.



Figur 4.5: Fordeling av underutnyttede restråstoffer i ulike fraksjoner og sektorer i 2021 [1].



(a) Fordeling av benyttet restråstoff på ulike sektorer.

(b) Anvendelse av råstoffet etter hovedprosessering.

Figur 4.6: Kakediagrammer som viser sektorene som utnytter restråstoff og deres anvendelse [1].

Norsk sjømatnæring spiller en viktig rolle i møte med den økende globale etterspørselen etter mat og proteinkilder. Det blir stadig utlyst flere forsknings- og utviklingsprosjekter for å forbedre utnyttelsen av marine ressurser. Dette inkluderer restråstoff fra havgående flåter i hvitfisksektoren samt produksjon av høyverdiprodukter fra torskehoder og laksens blod. I 2021 forsket institusjonene Nofima¹, Sintef², Norges sjømatråd og Havforskningsinstituttet på utfordringene knyttet til økt utnyttelse av marine restråstoffer [82]. Nofima publiserte en rapport som fokuserer på utfordringene.



Figur 4.7: Forsknings- og utviklingsprosjekter øker for å bedre utnyttelse av marine ressurser [82].

Forskningen belyser flere faktorer som påvirker utnyttelsen av marint restråstoff. Fiskeavfalls status i forhold til regelverk, handelsrestriksjoner for markedsadgang, sertifiseringer og merkeordninger undersøkes. Videre tar rapporten for seg regler for fremmedstoffer og næringsstoffer i fôr, fôringredienser og sjømat [82]. En viktig konklusjon fra rapporten er at regelverket for bruk og handel av marint restråstoff trenger en oppdatering. Et eksempel er prosesserte marine proteinprodukter. Tørre og flytende proteinprodukter kan sidestilles som fôringredienser men behandles ulikt av regelverket. Tørre proteinprodukter transporteres tollfritt inn til Europa, mens flytende proteinprodukter pålegges en importavgift. Dette er en bekreftelse på at forsøket på å erstatte dagens forordning, (EU) nr. 2019/1009, er nødvendig.

Som nevnt tidligere er det fra havbruksektoren hovedsaklig fritt blod fra laks og ørret som forblir uutnyttet. Fra 2018 har det blitt gjennomført flere forsøk på å utnytte dette materialet. Forskning fra Sintef og HL Skjong AS³ viser lovende resultater. De har testet teknologi som kan redusere innholdet av partikulært

¹Matforskningsinstitutt, forsker og utvikler for akvakultur, fiskeri og matindustrien.

²Forskningsinstitutt med ekspertise innen teknologi, naturvitenskap og samfunnsfag.

³Produsent av profesjonelt vaskeutstyr for maritim og landbasert industri.

stoff i utblødningstanker, og metoden kan være egnet for å ta vare på økologiske materialer fra slakteprosessen. Våren 2022 er tre prosjekter under gjennomføring, og FHF⁴ støtter fullskala testing av teknologien.

I havbruksektoren arbeides det med å finne måter å utnytte restråstoffet enda bedre. Et pågående prosjekt er OMEGA, med estimert ferdigstilling våren 2024 [83]. Prosjektet fokuserer på å utvikle matprodukter som kan øke inntaket av helsefremmende fiskeoljer. Dette kan bidra til å forbedre utnyttelsen av restråstoffet og skape nye, høyverdige produkter samtidig som det fremmer helse og velvære hos forbrukere.



Figur 4.8: Fiskeavfall kan utnyttes til flere produkter [83].

Restråstoff fra hvitfisksektoren, som hovedsakelig genereres på havgående flåter, har stort potensial for å bli bedre benyttet. Det er gjort investeringer de siste årene for å øke ivaretagelsen av restråstoff. I tråd med dette søker prosjektet SUPREME nå etter å identifisere den optimale metoden for å bevare restråstoffet på best mulig vis. Prosjektet utforsker mulighetene for å behandle råstoffet på havet eller frakte det til land for bearbeiding. Andre bevaringsmetoder som blir vurdert er kjøling, tørking og frysing [84]. Dette samarbeidsprosjektet involverer flere aktører, blant annet det Norske forskningsråd, MATIS⁵, NTNU, Sintef Ocean og Nordic Wildfish⁶ [85, 86].

⁴Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering.

⁵Islandsk firma, fokuserer på næringsmiddelprosjekter med innovasjon og merverdi.

⁶Fiskeoppdrettsfirma med fokus på bærekraftig og miljøvennlig oppdrett.

De siste årene har flere skip installert mel- og oljefabrikker. Det har vært utfordrende å produsere mel med tilstrekkelig proteinnivå og mikrobielle og sensoriske kvaliteter. Nofima prøver å stabilisere kvaliteten på hvitfiskmel gjennom prosjektet 'Økt verdiskapning og standardisering av hvitfiskmel fremstilt basert på restråstoff om bord i norske fabrikktrålere' [87]. Ved å forske på pris og marked, produktkvalitet og infrastruktur, forventes det å kunne utnytte råstoff fra hvitfisksektoren bedre.

Torskehoder som utgjør en stor mengde av restråstoffet fra hvitfisknæringen inneholder mye proteiner og lite fett. Utnyttelsen av torskehoder har en positiv utvikling og har de siste årene stabilisert seg på rundt 70 %. Det gjenstår fremdeles 30 % som ikke ivaretas [1]. Torskehoder som utnyttes henges til tørk for eksport til Nigeria og/eller Asia. Markedets uro de siste årene skaper en usikkerhet blant aktørene som investerer i produksjonen. Det åpner muligheter for nasjonal anvendelse som til produksjon av gjødsel. Sintef Ocean har siden 2016 ledet to prosjekter som fokuserer på å bedre utnyttelsen av torskehoder. Hydrolyse er undersøkt som en prosesseringsmetode med potensiale. Metoden er lovende med gode produksjonsbetingelser. Utbyttet er rundt 10 % med et proteininnhold på over 80 % [1].

4.2 Kvalitativ analyse

4.2.1 Gjødselprodusentene sitt perspektiv

Gjødselprodusentene vil være et viktig ledd i verdikjeden, og deres perspektiv på utfordringer og muligheter knyttet til å bruke sjømat er viktig. Etterspørselen etter organisk gjødsel øker betydelig i Norge. Stadig flere konvensjonelle bønder, spesielt blant yngre generasjoner, ønsker å drive på en bærekraftig måte å ta hensyn til miljøet. Dette fører til en markant økning i salget av økologisk gjødsel, som nå distribueres landet over. I tillegg øker etterspørselen etter naturgjødsel fra norske kommuner. Dette gjelder spesielt i prosjekter som den nye banen på Minde ved Bergen, og man forventer også en økning i etterspørselen fra utlandet.

Valgmulighetene innen organisk gjødsel er imidlertid begrenset, og det er få produsenter å velge mellom. For eksempel opplyser ett firma at de omsetter 7 000 tonn naturgjødsel årlig, mens et annet firma solgte rundt 11 000 tonn økologisk gjødsel i 2022, inkludert eksport til Europa. Sistnevnte forventer også en ytterligere økning til 15 000 tonn i 2023.

Denne utviklingen viser at produsentene møter en stadig større etterspørsel etter organisk gjødsel, og det er et klart behov for å utvide produksjonskapasiteten for å imøtekomme markedets krav. Dette gir både muligheter og utfordringer for gjødselindustrien. De må finne måter å møte den økende etterspørselen og samtidig opprettholde høy kvalitet og bærekraftige produksjonsmetoder.



Figur 4.9: Etterspørselen etter organisk gjødsel øker i Norge [88].

Europa ønsker å oppnå klimanøytralitet innen 2050 gjennom EUs grønne avtale. Jordbruket står overfor utfordringer som en av de største kildene til miljøproblemer i regionen, og forventes å bli den største kilden innen 2030. Næringen har begrenset evne til å innovere og endre praksis, inkludert energikrevende produksjon av kjøtt og avlinger.

En viktig strategi for å gjøre jordbruket mer sirkulært er å øke bruken av organisk gjødsel og redusere næringsstoff- og restråstofftap. 'Farm to Fork'-strategien, som omfatter havbruk og fiske, spiller en rolle i denne omstillingen. Økt bruk av organisk gjødsel erstatter ikke-fornybar mineralbasert kunstgjødsel og bidrar til Europas ønske om større selvforsyning. Mineralressurser brukt i kunstgjødsel er begrenset tilgjengelige i Europa, som derfor er avhengig av import. Økt produksjon og bruk av organisk gjødsel er nødvendig for å redusere denne avhengigheten og oppnå større selvstendighet.

Det pågår revisjoner av regler og sertifiseringssystemer for gjødsel og jordforbedringsmidler i Europa. Målet er å sikre at sertifiserte produkter kan selges og brukes på tvers av hele regionen. Dette vil bidra til å fremme bærekraftig jordbruk og støtte overgangen mot en mer sirkulær økonomi.

En naturgjødselprodusent etterlyser spesielt innholdet av svovel i restråstoff fra sjøen og påpeker at kalsium er en spesiell mangelvare i norsk jordbruk. Fosfor er en av de viktigste råvarene for EU, og det er nødvendig med nye forvaltningsstrategier for dette essensielle plantenæringsstoffet [89]. Flere leverandører uttrykker at i dagens marked er det en kontinuerlig utfordring å finne gode råvarer til produksjonen av gjødsel. Et selskap opplyser at de må importere råvarer fra Europa for å produsere gjødselen som selges i Norge, inkludert kaliumgjødsel og blodmel. Tidligere har mengden og næringsinnholdet i tilgjengelig restråstoff fra sjøen vært uvisst for gjødselprodusentene. Fiskeavfall inneholder mye kalsium, og gjødselprodusentene mener at disse råvarene kan brukes til å lage både økologisk og hybridgjødsel⁷.

Produsentene understreker viktigheten av å unngå å tilsette klor til jorden, da dette har en negativ effekt på det naturlige bakterielivet som er viktig for jordkvaliteten. Kalsium og magnesium er nødvendige næringsstoffer for gjødselproduksjon. Mange jorder har dårlig vannregulering, noe som delvis skyldes manglende hensyn til jordkjemi og bruk av rimelige gjødselprodukter. Problemet forsterkes når leiejord benyttes, da det ofte er preget av kortsiktig tankegang, og leietakere sjeldent tar ansvar for drenering eller kalking av jorden. Husdyrgjødsel blir ofte brukt i større mengder nær driftsbygningene enn på leiejorda som ligger lenger unna. Dette resulterer i avlinger på leiejorda som kan være opptil 20 % lavere enn tidligere. Etter flere år med intensivt jordbruk har jorden blitt tømt for næring og liv, og konvensjonelle bønder har tradisjonelt støttet seg på kunstgjødsel for å forsyne nåværende avlinger med næring. Imidlertid fører denne praksisen til ytterligere utarming av jorden over tid.

For produsentene er volumet som går gjennom fabrikken det viktigste, ettersom de har betydelige driftskostnader, utstyrskostnader og ansattes lønn å dekke. En produsent viser interesse for å skaffe restråstoff fra havet, og enten tørke og behandle det selv, eller kjøpe allerede tørkede varer fra fiskerisektoren. Selskapet er sterkt motivert for å gjenbruke restråstoff fra havet til å produsere økologisk gjødsel og er villig til å strekke seg langt for å få dette til.

Gjødselleverandørene er interessert i alle typer kilder til nitrogen, fosfor og kalium som kan benyttes i produksjon av gjødsel. Et selskap har tidligere kjøpt omtrent 1 500 tonn urea med et nitrogeninnhold på rundt 48 %. Flere fabrikker som produserer urea er nå stengt på grunn av høye energipriser, noe som har ført til en betydelig kostnadsøkning. Prisen på urea har steget fra 5 NOK til 14 NOK per kilo. Det er derfor interessant å utforske andre mulige kilder til nitrogen, fosfor og kalium som kan leveres til en lønnsommere pris.

⁷Klorfrigjødsel med omtrent 50 % organisk materiale og 50 % mineraler tilsatt urea.

Tilgjengelighet, pris og konsistens er alle avgjørende faktorer når det gjelder leveranse av råvarer. Blant disse er konsistens spesielt viktig da den påvirker hvilken type prosessering som er nødvendig. Det er derfor av stor betydning at konsistensen er forutsigbar, slik at samme utstyr kan benyttes gjennom hele produksjonsprosessen. I tillegg er det nødvendig med en viss grad av forutsigbarhet når det gjelder leveranse av restråstoffet. Dette bidrar til å sikre en jevn og pålitelig produksjonsflyt.

Når organisk materiale og rester fra dyr i form av kyllingsgjødning og fiskeslam mottas, må materialet gjennomgå hygienisering. Dette er en nødvendig prosess som følger retningslinjer satt av mattilsynet. Etter denne prosessen må det tas mange betydelige prøver av materialet, blant annet for å undersøke innholdet av bakteriene *E. coli* og *Salmonella*⁸. Det gjennomføres også tester for innholdet av tungmetaller, noe som er pålagt i henhold til regelverket. Det oppstår ingen betydelige utfordringer knyttet til tungmetallinnholdet. Et firma er villig til å enten selv hygienisere materialet eller motta det allerede hygienisert. Leverandøren påpeker også at materialet må tørkes etter testingen, og når de lager pelletene, bør tørrstoffinnholdet helst ikke være over 80 %. Et for lavt tørrstoffinnhold medfører utfordringer.

I tillegg bør materialet ideelt sett være pulverisert for å enklere kunne blandes med andre råstoffer. Det kan være opptil 7 til 8 forskjellige råvarer som brukes i produksjonen av pellets. Gjødningprodusentene foretar regelmessige prøver for å ha nøyaktig kunnskap om hva blandingene deres inneholder. De benytter seg for eksempel av et reseptprogram for kraftfôr. Det er avgjørende å vite det eksakte innholdet for å kunne selge produktet. En leverandør ønsker å motta materialet i store kvanta, for eksempel i store sekker, allerede ferdig hygienisert og tørket. Dette skyldes at de ikke har egne anlegg for disse prosessene. Denne leverandøren nevner også at de kan ha mulighet til å utføre både hygienisering og tørking selv, men dette vil medføre betydelige ekstra kostnader for dem.

Det uttrykkes et ønske om å ha jevn tilgang på råvarer gjennom hele året eller muligheten til å bygge opp et lager i perioder. Forutsigbarhet er et viktig ønske fra næringens side, og de kunne tenke seg å anskaffe flere tusen tonn av materialet. Næringen viser fortsatt interesse for et volum på 500 tonn bein fra torskehoder som fiskesektoren ønsker å finne anvendelse for. Tanken om å benytte fulle biler med 30 til 40 tonn kapasitet for transport, enten på landevei eller sjøvei, blir diskutert. Mottak av råvarene i løsvekt på båt har vært utfordrende, da firmaet har begrenset erfaring med dette, men de har derimot erfaring med bruk av containere på båt. En alternativ løsning som foreslås er transport gjennom nærliggende fjellområder.

For gjødselleverandørene er næringsinnholdet i det marine restråstoffet og hvor mye det er behandlet, spesielt i form av tørking og testing ved mottak, avgjørende for hvor mye de er villige til å betale for materialet. Den videre

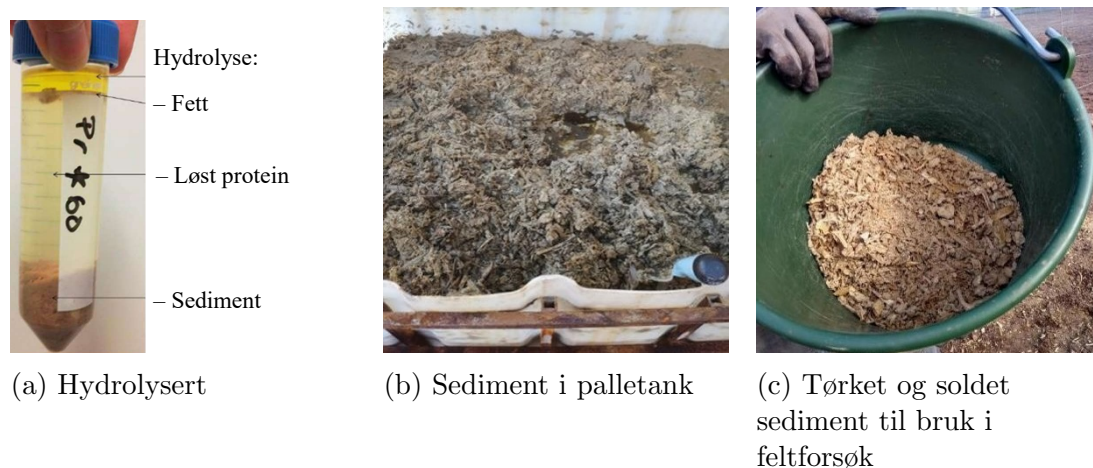
⁸Bakterier som kan forårsake sykdom hos mennesker.

behandlingen materialet må gjennomgå etter mottak spiller en rolle i prissettingen. Nitrogeninnholdet blir også nevnt som en faktor av betydning. En leverandør påpeker at prisen på gjødsel er bestemt av markedsfaktorer, og dersom prisen settes for høyt, vil det være vanskelig å selge. Det uttrykkes behov for nærmere undersøkelser av hvilke spesielle egenskaper og fordeler råvarer fra havnæringen kan ha å tilby.

En produsent uttrykker interesse for å ta prøver av det marine restråstoffet og vurdere om transport og tørking skal gjøres på egen regning eller på en annen parts regning. Slik kan betalingsviljen for materialet vurderes nærmere. Til slutt blir det understreket at uansett er råvarene det er snakk om svært interessante for gjødselindustrien. Det vises interesse for blandingen av all den fisken som ikke blir utnyttet, og uttrykkes ønske om minimal innsats når det gjelder behandling. De ser for seg muligheten til å tørke og sende materialet direkte til produksjonen, uten behov for nøye sortering fra sjømatindustriens side.

4.2.2 Sjømatsektoren sitt perspektiv

Sjømatprodusentene utgjør den andre viktige aktøren for å få til en verdikjede, derfor er deres perspektiver på muligheter og utfordringer også viktig. En produsent fra fiskesektoren har tilgjengeliggjort restråstoff til forskning for NORSØK⁹. En metode for å utnytte beinrikt restråstoff er å kverne det opp og hydrolysere det, slik at fett og proteiner kan separeres og brukes som fôr, mens sedimentet kan inneholde mye bein. Figur 4.10 viser hvordan sedimentet kan tørkes og renses for de groveste bitene, slik at det blir klart til bruk i feltforsøk.



Figur 4.10: Grakse fra hvitfisk gir svært rask vekstvirking. Bildene er tatt av Anne-Kristin Løes.

⁹Stiftelsen Norsk senter for økologisk landbruk.

Det blir diskutert om tørking av marint restråstoff kan være en løsning for å redusere vekten og dermed også logistikkostnadene. Ved å tørke restråstoffet kan man redusere fuktighetsinnholdet og dermed oppnå en lavere vekt per enhet. Dette kan bidra til å redusere transportkostnadene og gjøre det mer økonomisk og effektivt å frakte materialet over lengre avstander. En slik løsning kan potensielt øke lønnsomheten for sjømatprodusenter, som i dag opplever fiskeavfall som en kostnad heller enn en inntekt. For øyeblikket eksporteres råstoffet til land som Latvia, hvor gjødselprodusentene mottar en betaling som kun dekker kostnadene. Torskerygger med svømmeblære intakt eksporteres til Kina og Vietnam, hvor svømmeblæren tørkes og beinet utnyttes, og produsentene mottar en betaling høyere enn det gjødselprodusentene vil kunne betale. Små biter av rent kjøtt, ørebein og andre ben med mye kjøtt, som ofte er avskjær, benyttes ofte til produksjon av tørrfisk. Bitene tørkes og mye blir sendt til Afrika, hvor kjøperne vanligvis dekker transportkostnadene. Selv om mye blir benyttet, er en av utfordringene ryggene fra fiskefiletproduksjon, som en liten produsent uttrykker at de har omtrent 500 tonn av. Dette gir en indikasjon på hvor mye de større produsentene sitter igjen med.

Sjømatprodusentene er positivt innstilt til en innenlands leveringsordning. En leverandør anser det som en god idé å ha et mellomledd som tar imot marint restråstoff og foredler det. Videre har næringen vurdert et konsept hvor flere produsenter samarbeider for å finne en løsning, men dette er vanskelig når det ikke er klart hva restråstoffet kan brukes til. Tidligere har det vært diskutert å etablere en virksomhet i nærheten av sjømatprodusentene for å redusere transportavstanden for næringsstoffene. Nå ønsker sjømatnæringen seg kunder som viser interesse for å kjøpe marint restråstoff. Dette vil være et positivt steg mot bærekraftig utnyttelse av ressursene og bidra til en mer helhetlig verdikjede.

Sjømatprodusentene påpeker at graksen som oppstår som et biprodukt fra oljeproduksjon og hydrolyse har et tørrstoffinnhold på mellom 50 og 60 %. Imidlertid er dette materialet eksplosivt og krever umiddelbar kraftig syrebehandling eller frysing for å forhindre betydelig bakterievekst og en tidobling av volumet. Det understrekes at det er utfordrende å håndtere materialet uten syre- eller lutbehandling.

Idag selger en sjømatleverandør ensilasje, mens bunnslammet, som hovedsakelig består av bein, for øyeblikket ikke har noen markedsmuligheter og derfor blir dumpet i havet. Innenfor hvitfisksektoren uttrykker sjømatnæringen at det ikke eksisterer reguleringer, lover eller forskrifter som kan skape hindringer eller begrensninger. Logistikken utgjør den største utfordringen i denne sammenhengen. På grunn av de store avstandene mellom leverandørens anlegg, vil det være for kostbart å bygge tørkeanlegg på hvert enkelt sted. Per nå blir beina holdt flytende sammen med ensilasjen, og transport av ensilasjen inkluderer derfor også frakt av beinene.

En sjømatprodusent meddeler at de har separerte fiskebein uten kjøtt og ønsker å øke mengden for å samle alt på ett sted, der det kan bli prosessert. For øyeblikket blir fiskebeina presset i 50 kilos blokker. Firmaet har ikke utstyr for å pulverisere eller tørke materialet på nåværende tidspunkt. I tillegg nevner firmaet at de også har tilgang på ensilasje fra hvitfisk.

En annen sjømatleverandør salter eller fryser omtrent 812 tonn toske- og seirygger og eksporterer dem til Kina. For øyeblikket samarbeider dette firmaet med både Forskningsrådet og Sintef for å utforske hydrolysekonsepter der tosken, unntatt hodets bein, leveres til dem. Nå leter firmaet etter en løsning for å håndtere de resterende hydrolyserte beina fra toskehoder, med et årlig volum på rundt 500 tonn.

Sjømatnæringen påpeker at det er ulike deler av fisken involvert i marint restråstoff, og noen av dem blir kombinert sammen som en blanding. Videre uttrykker de at det kan være en villighet til å separere disse delene dersom det blir betalt for det. Leveren blir separert for oljeproduksjon, og rognen blir separert for kaviarproduksjon. Bein og hoder blir også separert som en egen del. Alt som ikke blir utnyttet i disse prosessene blir blandet sammen i en suppe. For tiden er det to aktører som opererer langs kysten, og samler inn marint restråstoff. Disse aktørene ekstraherer olje og ulike proteiner fra materialet.

Kapittel 5

Diskusjon

Mengden av ubenyttet marint restråstoff har avtatt, men det er fremdeles betydelige mengder som forblir ubrukt. I 2021 var mengden av ubenyttet fiskeavfall i underkant av 150 000 tonn. Gjødseleprodukter basert på fiskeavfall er i tråd med EUs politikk for sirkulær økonomi, som fokuserer på restråstoff som forblir ubrukt. Økt gjødseleproduksjon bidrar til å gjenopprette verdifulle mineraler fra havet og bringe dem tilbake til landbaserte miljøer. Gjødseleprodukter basert på fiskeavfall tilfører nitrogen eller en kombinasjon av nitrogen og fosfor til avlinger. Innen organisk jordbruk kan hydrolysert fiskebasert gjødsele være en utmerket kilde til nitrogen for avlinger som er spesielt avhengige av dette næringsstoffet.

Gjødseleleverandørene står overfor utfordringer med å finne gode råvarer til produksjonen og er nødt til å importere råvarer. Etterspørselen drives av endringer i markedet, blant annet øker antallet bønder som ønsker å drive bærekraftig. Fiskeavfallgjødsele kan også bidra til å løse utfordringer knyttet til begrenset tilgang på fosforbasert mineralgjødsele og redusere behovet for import av fosfatstein.

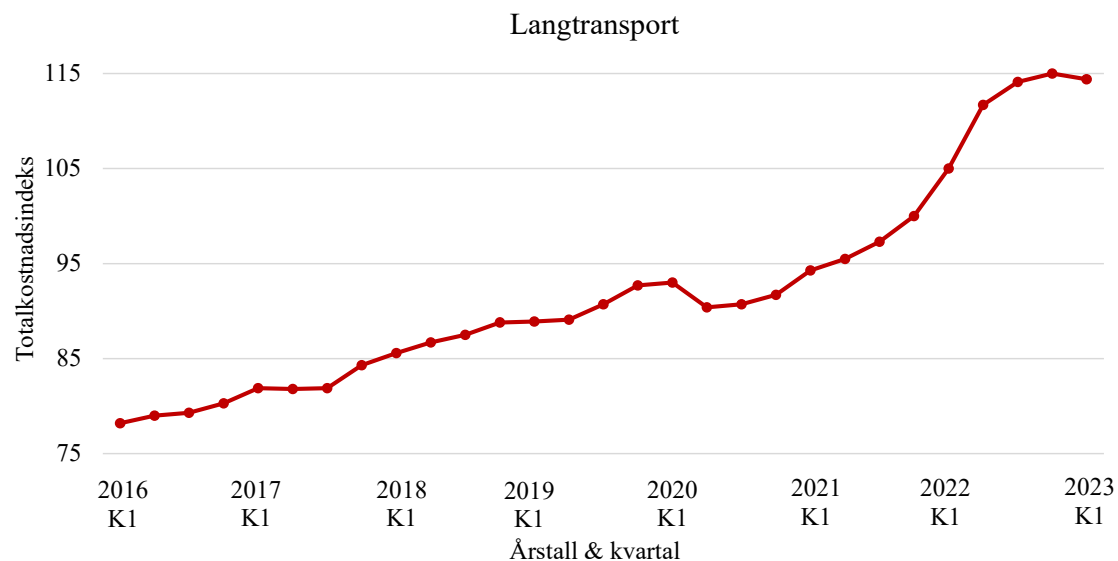
En av de største utfordringene ved bruk av marint restråstoff til produksjon av organisk gjødsele er å koordinere hele verdikjeden. Siden dette ikke er en etablert verdikjede, kreves det samarbeid mellom flere sjømat- og naturgjødseleprodusenter for å oppnå tilstrekkelig skala. Både kjøpere og selgere må samarbeide tett for å identifisere gjødseleprodusentenes behov og sikre at produktet oppfyller kravene deres. En utfordring knyttet til gjødseleproduksjon er de begrensede økonomiske insentivene. Gjødsele har generelt en lav pris, noe som begrenser potensialet for fortjeneste i forhold til sjømatnæringens hovedvirksomhet, som er salg av fisk til forbrukere. Dette resulterer i lav lønnsomhet og begrensede motiver for å takle koordineringsutfordringene forbundet med marinbasert gjødseleproduksjon. For å oppnå lønnsomhet og gjøre verdikjeden attraktiv, er det nødvendig med tilstrekkelig produksjonsskala.

Ettersom gjødsel er et lavprisprodukt, er det viktig å oppnå tilstrekkelig volumproduksjon for å kompensere for de lave prisene og oppnå lønnsomhet. Dette krever betydelig innsats og koordinering. Imidlertid kan involvering av en tredjepart bidra til å forbedre lønnsomheten og takle disse utfordringene mer effektivt. En mulighet er at en bedrift tar på seg ansvaret for å samle råstoff fra flere sjømatprodusenter, noe som sikrer tilstrekkelige volumer for videre levering. Dette innebærer at en tredjepart håndterer oppsamlingen og skaper tilstrekkelig skala ved å samle inn fra flere sjømatprodusenter. Innen sjømatnæringen er det tydelig at sektoren ikke besitter tilstrekkelig informasjon om de spesifikke kravene knyttet til råvarene som skal benyttes i produksjonen av gjødsel. Tilsvarende mangler gjødselprodusentene kunnskap om hvilken kvalitet og tilstand råvarene kan forventes å være i ved levering. Gjødselprodusentene er primært lokalisert i sørlige deler av Norge, mens fiskelandinger forekommer langs hele kysten, med en betydelig konsentrasjon av hvitfisklandinger i Nord-Norge. Dette skaper logistikkutfordringer.



Figur 5.1: Geografisk spredning skaper logistikkutfordringer [90].

Hittil i 2023 har det ifølge fiskeridirektoratet blitt landet omtrent 22 220 tonn hvitfisk i Øksnes i Nordland [91]. Hvis man vurderer transport av restråstoff fra dette fisket via landevei, vil det kreve en kjøreavstand på omtrent 1 500 kilometer for å frakte det til en allerede etablert organisk gjødselprodusent. En gjødselleverandør uttrykker å idag anvende landtransport med kapasitet på 30 tonn til å frakte råvarene. Hvis det er mulig å tørke noe av restråstoffet før det fraktes vil det redusere transportkostnadene. Frakt per sjø kan også være et gunstig alternativ, men det skal bemerkes at gjødselprodusentene har begrenset erfaring med dette. Figur 5.2 viser indeksverdiene til totalkostnaden for langtransport i perioden januar 2016 til mars 2023.



Figur 5.2: Utviklingen i totalkostnadsindeksen fra januar 2016 til mars 2023 [92].

Kostnadene har økt gradvis siden begynnelsen av 2016. Med tanke på at transportkostnader utgjør en betydelig del og at de stadig øker, er det viktig å identifisere effektive måter å håndtere logistikken på. Gjødsel veier mindre enn marint restråstoff. Ved å tørke det marine restråstoffet eller ferdigstille det fiskebaserte gjødselet før transport, blir det et mer høyverdig produkt med mindre vekt som transporteres sammenlignet med restråstoff av fisk som fortsatt inneholder væske.

En effektiv løsning for å håndtere avstandsutfordringene er å etablere en gjødselabrikk i nærheten av der restråstoffet produseres. For eksempel kunne man vurdert å plassere fabrikk på Øksnes, da det er i nærheten av de tre områdene i Nordland som lander mest hvitfisk hvert år: Øksnes, Værøy og Træna. Hittil i 2023 har det blitt landet 76 636 tonn fisk i disse tre områdene, som utgjør omtrent 39,3 % av den totale fangsten i Nordland [91]. Ved å etablere gjødselabrikk i nærheten av disse områdene vil man kunne redusere transportavstanden og dermed gjøre prosessen mer kostnadseffektiv og miljøvennlig.

Næringsinnholdet i for eksempel fiskebein er generelt ganske stabilt, men dersom restråstoffene er blandet med bein, skinn og kjøtt, kan sammensetningen variere over tid. Det er relativt enkelt å kartlegge næringsinnholdet ved mottak fra én leverandør, men det kan være mer utfordrende å håndtere når materialet kommer fra flere forskjellige leverandører. En til mer spesifikk hindring er volumet av materialet og det faktum at det er spredd blant forskjellige produsenter. Dette skaper logistikkutfordringer knyttet til tørking og transport. Sjømatnæringen og gjødselprodusentene opererer langt unna hverandre, og transport av væske er kostbart. Tørkekostnadene er like enten restråstoffet tørkes på et fiskemottak eller hos gjødselprodusentene. Imidlertid vil transportkostnadene øke betydelig dersom tørkeprosessen gjennomføres ved mottak. Selv om enkelte produsenter kan ha tilstrekkelig skala til å levere materialer alene, kan det være nødvendig med en tredjepart for koordinering, tørking, mellomlagring og transport. Dette vil øke potensialet ved å inkludere flere mindre sjømatprodusenter som har restråstoff, men ikke nok til å påta seg investeringene og koordineringen som kreves.

En fordel med anvendelse til gjødsel er at sjømatprodusentene får et stabilt marked for deres restråstoff. En produsent opplevde for eksempel en bestilling fra utlandet som forsvant like raskt som den kom. Landbruksnæringen, derimot, har fordelene av stabil tilgang til kvalitetsråvarer til sin produksjon, og de er ikke avhengige av import av råvarer.

Markedet for organisk gjødsel er stigende og forventes å fortsette å øke i fremtiden. Dette gjør en ny verdikjede som bruker restråstoff til organisk landbruk mer attraktiv på lang sikt. Det er nødvendig med initielle kostnader for å etablere denne næringskjeden, og spørsmålet om hvem som skal ta på seg hvilke investeringer utgjør en utfordring. Imidlertid uttrykker gjødselprodusentene en vilje til å teste materialet selv, noe som kan gjøre det enklere for sjømatnæringen.

Etter denne diskusjonen blir det klart at noen av de viktigste utfordringene for øyeblikket er knyttet til volumet av marint restråstoff, mangelen på kunnskap og logistiske hindringer. Disse utfordringene oppstår i stor grad på grunn av den begrensede attraktiviteten til gjødselmarkedet, som har ført til begrenset utforskning av mulighetene. Imidlertid, med utviklingen i EU, økningen i tilgjengeligheten av marint restråstoff og økt etterspørsel etter organisk gjødsel, vil en ny verdikjede av denne typen nå bli attraktiv.

Kapittel 6

Konklusjon

Gjødselprodukter basert på fiskeavfall er i tråd med EUs politikk for sirkulær økonomi og kan bidra til å gjenvinne verdifulle mineraler fra havet. Ved å benytte marint restråstoff kan gjødselprodusenter og økologiske bønder øke tilgangen til nitrogen og andre viktige næringsstoffer.

Masteroppgavens resultater viser at det er betydelige mengder marint restråstoff tilgjengelig, men det er en rekke utfordringer som må løses for å etablere en effektiv verdikjede for marinbasert gjødselproduksjon. Dette inkluderer utfordringer knyttet til råvaretilgang, prosessering, koordinering mellom sjømat- og gjødselprodusenter, økonomiske insentiver og logistikkutfordringer på grunn av geografisk spredning.

Det er et voksende marked for organisk gjødsel i EU, som gjør at potensialet for en ny verdikjede basert på marint restråstoff er stigende. Med riktig samarbeid og investeringer kan en slik verdikjede bidra til å utnytte potensialet i fiskeavfall og møte etterspørselen etter bærekraftige gjødselprodukter.

Det er viktig å fortsette forskning, samarbeid og koordinering mellom sjømatnæringen, landbruksnæringen og andre relevante aktører for å overvinne de nevnte utfordringene og realisere potensialet i marinbasert gjødselproduksjon.

Bibliografi

- [1] M. Myhre, R. Richardsen mfl., *Analyse marint restråstoff 2021*. SINTEF Ocean AS, 2022. adresse: <https://hdl.handle.net/11250/3013196>.
- [2] Europakommisjonen, *Circular economy action plan*, Tilgjengelig: 9.4.2023. adresse: https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en.
- [3] A. Oger, *The fertiliser transition*, Publisert: September 2022.
- [4] Europakommisjonen, *A sustainable bioeconomy for Europe : strengthening the connection between economy, society and the environment : updated bioeconomy strategy*. Publications Office, 2018.
- [5] E. Bratberg, *Gjødsel*, Tilgjengelig: 28.12.2022, adresse: <https://snl.no/gj%C3%B8dsel>.
- [6] Mjøsanlegget Biogass, *Fra ditt matavfall til næringsrik gjødsel*, Tilgjengelig: 15.3.2023. adresse: <https://www.mjosanlegget.no/gjodsel-til-ny-mat/>.
- [7] R. Almås, *Økologisk Jordbruk*, Tilgjengelig: 28.11.2022, adresse: https://snl.no/%C3%B8kologisk_jordbruk.
- [8] Oregon State University, *Here's the scoop on chemical and organic fertilizers*, Tilgjengelig: 29.1.2023. adresse: <https://extension.oregonstate.edu/news/heres-scoop-chemical-organic-fertilizers>.
- [9] Europakommisjonen, *General Fiche - Organic Fertilisation General*, Tilgjengelig: 29.1.2023. adresse: https://wikis.ec.europa.eu/display/IMAP/Organic+fertilisation_GENERAL.
- [10] S. Jagtap, H. Trollman mfl., «The Russia-Ukraine conflict: Its implications for the global food supply chains», *Foods*, årg. 11, nr. 14, s. 2098, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11142098>.
- [11] T. Ben Hassen og H. El Bilali, «Impacts of the Russia-Ukraine war on global food security: towards more sustainable and resilient food systems?», *Foods*, årg. 11, nr. 15, s. 2301, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11152301>.

- [12] Europakommisjonen, *Gjødselforordningen 2019*, Tilgjengelig: 5.3.2023. adresse: <https://www.europalov.no/rettsakt/gjodselforordningen-2019/id-8970>.
- [13] Lovdata, *Forskrift om organisk gjødsel*, Kunngjort: 18.7.2003. adresse: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951/KAPITTEL_3-1#%5C%2%5C%A719.
- [14] Europakommisjonen, *Biproduktforordningen 2009 om produkter som ikke er beregnet på humant konsum (revisjon)*, Tilgjengelig: 8.3.2023. adresse: <https://www.europalov.no/rettsakt/biproduktforordningen-2009-om-produkter-som-ikke-er-beregnet-pa-humant-konsum-revisjon/id-1250>.
- [15] A. K. Løes, E. K. Bünemann mfl., «Nutrient supply to organic agriculture as governed by EU regulations and standards in six European countries», *Organic Agriculture*, årg. 7, s. 395–418, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13165-016-0165-3>.
- [16] D. Cordell og S. White, «Peak phosphorus: clarifying the key issues of a vigorous debate about long-term phosphorus security», *Sustainability*, årg. 3, nr. 10, s. 2027–2049, 2011.
- [17] J. K. Friedel, M. Kasper mfl., «Need for phosphorus input in Austrian organic farming?», *Building Organic Bridges*, årg. 1, s. 37–40, 2014.
- [18] G. Haas, C. Deittert mfl., «Farm-gate nutrient balance assessment of organic dairy farms at different intensity levels in Germany», *Renewable Agriculture and Food Systems*, årg. 22, nr. 3, s. 223–232, 2007.
- [19] P. Gosling og M. Shepherd, «Long-term changes in soil fertility in organic arable farming systems in England, with particular reference to phosphorus and potassium», *Agriculture, ecosystems & environment*, årg. 105, nr. 1-2, s. 425–432, 2005.
- [20] A. K. Løes og A. F. Øgaard, «Long-term changes in extractable soil phosphorus (P) in organic dairy farming systems», *Plant and soil*, årg. 237, s. 321–332, 2001.
- [21] S. A. Howard og M. CIE, *An agricultural testament*. Prabhat Prakashan, 1950.
- [22] T. Kupper, «Organic contaminants in sewage sludge, their sources and their importance in the context of the withdrawal from the agricultural use of sewage sludge in Switzerland», *Österreichische Wasser-und Abfallwirtschaft*, årg. 60, s. 45–54, 2008.
- [23] Q. Lu, Z. L. He mfl., «Land application of biosolids in the USA: a review», *Applied and Environmental Soil Science*, årg. 2012, 2012.
- [24] E. Commission, *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Youth Opportunities Initiative*. European Commission Brussels, Belgium, 2011.

- [25] N. Greggio, C. Carlini mfl., «Exploitable fish waste and stranded beach debris in the Emilia-Romagna Region (Italy)», *Waste Management*, årg. 78, s. 566–575, 2018.
- [26] W. McDowall, Y. Geng mfl., «Circular economy policies in China and Europe», *Journal of Industrial Ecology*, årg. 21, nr. 3, s. 651–661, 2017.
- [27] A. K. Løes og S. Adler, «Increased utilisation of renewable resources: dilemmas for organic agriculture», *Organic agriculture*, årg. 9, nr. 4, s. 459–469, 2019.
- [28] Debio, *Om Debio*, Tilgjengelig: 6.1.2023, adresse: <https://debio.no/omdebio/>.
- [29] S. O. Kolle og M. Oguz Alper, «Bruk av gjødselressurser i jordbruket 2018», 2020.
- [30] I. Ahuja, E. Dauksas mfl., «Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming – With status in Norway: A review», *Waste Management*, årg. 115, s. 95–112, 2020, ISSN: 0956-053X. adresse: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X20303913>.
- [31] Organic Materials Review Institute, *Who We Are*, Tilgjengelig: 6.1.2023, adresse: <https://www.omri.org/about>.
- [32] K. Mengel, «Principles of plant nutrition», (*No Title*), s. 489, 2001.
- [33] W. Dominy, V. Sato mfl., «Fish processing waste: A valuable co-product of the fishing industry», *Aquafeed. com, LLC, Honolulu, United States*, s. 70, 2014.
- [34] M. R. Fahlivi, «Physicochemical characteristics of liquid fertilizer from fish viscera», *United Nations University, Indonesia*, 2015.
- [35] M. Illera-Vives, S. S. Labandeira mfl., «Evaluation of compost from seaweed and fish waste as a fertilizer for horticultural use», *Scientia Horticulturae*, årg. 186, s. 101–107, 2015.
- [36] K. Kazemi, B. Zhang mfl., «Evaluation of state and evolution of marine fish waste composting by enzyme activities», *Canadian Journal of Civil Engineering*, årg. 44, nr. 5, s. 348–357, 2017.
- [37] T. Rütting, H. Aronsson mfl., *Efficient use of nitrogen in agriculture*, 2018.
- [38] C.-E. Nedelciu, K. V. Ragnarsdóttir mfl., «Opening access to the black box: The need for reporting on the global phosphorus supply chain», *Ambio*, årg. 49, s. 881–891, 2020.
- [39] A. Ghaly, V. Ramakrishnan mfl., «Fish processing wastes as a potential source of proteins», *Amino acids and oils: A critical review. J. Microb. Biochem. Technol*, årg. 5, nr. 4, s. 107–129, 2013.
- [40] S.-K. Kim og E. Mendis, «Bioactive compounds from marine processing byproducts—a review», *Food Research International*, årg. 39, nr. 4, s. 383–393, 2006.

- [41] B. Basu og A. K. Banik, «Production of protein rich organic fertilizer from fish scale by a mutant *Aspergillus niger* AB 100 – a media optimization study», 2005.
- [42] N. Harikrishna, S. Mahalakshmi mfl., «Fish scales as potential substrate for production of alkaline protease and amino acid rich aqua hydrolyzate by *Bacillus altitudinis* GVC11», *Indian journal of microbiology*, årg. 57, s. 339–343, 2017.
- [43] E. D. Goldberg, «Elemental composition of some pelagic fishes», *Limnology and Oceanography*, årg. 7, nr. suppl, s. lxxii–lxxv, 1962.
- [44] J. R. Bogard, S. H. Thilsted mfl., «Nutrient composition of important fish species in Bangladesh and potential contribution to recommended nutrient intakes», *Journal of Food Composition and Analysis*, årg. 42, s. 120–133, 2015.
- [45] A. Annathai, R. Shakila mfl., «Proximate and major mineral composition of 23 medium sized marine fin fishes landed in the Thoothukudi Coast of India», *Nutrition & Food Sciences*, 2014.
- [46] L. Abbey, M. Glover-Amengor mfl., «Nutrient content of fish powder from low value fish and fish byproducts», *Food Science & Nutrition*, årg. 5, nr. 3, s. 374–379, 2017.
- [47] M. Darwish, A. Aris mfl., «Waste bones ash as an alternative source of P for struvite precipitation», *Journal of environmental management*, årg. 203, s. 861–866, 2017.
- [48] M. Pateiro, P. E. Munekata mfl., «Nutritional profiling and the value of processing by-products from gilthead sea bream (*Sparus aurata*)», *Marine Drugs*, årg. 18, nr. 2, s. 101, 2020.
- [49] J. Remme, A. Carvajal mfl., *Alternativ anvendelse av torskehoder*. SinTef, 2018.
- [50] A. R. Shaviklo, «Development of fish protein powder as an ingredient for food applications: a review», *Journal of food science and technology*, årg. 52, nr. 2, s. 648–661, 2015.
- [51] M. YAMAMOTO, F. SALEH mfl., «New fermentation technique to process fish waste», *Animal Science Journal*, årg. 76, nr. 3, s. 245–248, 2005.
- [52] I. S. Arvanitoyannis og A. Kassaveti, «Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses», *International journal of food science & technology*, årg. 43, nr. 4, s. 726–745, 2008.
- [53] J. Goddard og J. Perret, «Co-drying fish silage for use in aquafeeds», *Animal Feed Science and Technology*, årg. 118, nr. 3-4, s. 337–342, 2005.
- [54] M. Beckley, P. Robinson mfl., *Process of preparing soil additive of fertilizer from fish*, US Patent 7,678,171, mar. 2010.

- [55] A. D. Parker, *The Production of Marketable Vegetable Transplants Using Sustainable Locally Sourced Soilless Media Amendments*. Louisiana State University og Agricultural & Mechanical College, 2015.
- [56] I. Knuckey, C. Sinclair mfl., «Utilisation of seafood processing waste—challenges and opportunities», *SuperSoil2004*, 2004.
- [57] R. L. Olsen og J. Toppe, «Fish silage hydrolysates: Not only a feed nutrient, but also a useful feed additive», *Trends in Food Science & Technology*, årg. 66, s. 93–97, 2017.
- [58] M. Archer, *Fish waste production in the United Kingdom: the quantities produced and opportunities for better utilisation*. Sea Fish Industry Authority, 2001.
- [59] B. Manish, G. Richa mfl., «Implementation of bulking agents in composting: a review.», *Journal of Bioremediation and Biodegradation*, årg. 4, nr. 7, 2013.
- [60] M. E. López-Mosquera, E. Fernández-Lema mfl., «Composting fish waste and seaweed to produce a fertilizer for use in organic agriculture», *Procedia Environmental Sciences*, årg. 9, s. 113–117, 2011.
- [61] K. Ivanovs, K. Spalvins mfl., «Approach for modelling anaerobic digestion processes of fish waste», *Energy Procedia*, årg. 147, s. 390–396, 2018.
- [62] A. M. Ali, A. S. Nesse mfl., «Organic contaminants of emerging concern in Norwegian digestates from biogas production», *Environmental Science: Processes & Impacts*, årg. 21, nr. 9, s. 1498–1508, 2019.
- [63] J. M. Evans, *Organic fertilizer from anaerobic digestate and stabilized liquid fish product*, US Patent App. 15/098,040, okt. 2017.
- [64] A. K. Løes, I. Ahuja mfl., *Fertilisation effects of marine-derived residual materials on agricultural crops*. Norwegian Centre for Organic Agriculture (NORSØK), 2023.
- [65] T. Olafsen, U. Winther mfl., «Value created from productive oceans in 2050», *SINTEF Fisheries and Aquaculture*, årg. 83, 2012.
- [66] N. Growth, «Proud History. The Norwegian Government's Ocean Strategy», *Norwegian Ministry of Trade, Industry and Fisheries. Norwegian Ministry of Petroleum and Energy. –105 p*, 2017.
- [67] FAO, *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action*. 2020, Tilgjengelig: 1.6.2023. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca9229en>.
- [68] FAO, *Fishery and Aquaculture Statistics 2017*. 2019, Tilgjengelig: 1.6.2023. adresse: <https://www.fao.org/3/ca5495t/CA5495T.pdf>.
- [69] Fiskeridirektoratet, *Utvikling i fiskeriene*, Tilgjengelig: 25.5.2023. adresse: <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Tall-og-analyse/Fangst-og-kvoter/Fangst/Fangst-fordelt-paa-art>.

- [85] Matis, *About Matis*, Tilgjengelig: 29.3.2023. adresse: <https://matis.is/en/um-matis/>.
- [86] Nordic wildfish, *Bærekraftig forvaltning av marine ressurser*, Tilgjengelig: 29.3.2023. adresse: <https://www.nordicwildfish.no/about>.
- [87] Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering, *Økt verdiskapning og standardisering av hvitfiskmel fremstilt basert på restråstoff om bord i norske fabrikktrålere*, Tilgjengelig: 29.3.2023. adresse: <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901619/>.
- [88] V. Ruud, *Staten tilbyr 3,3 milliarder i jordbruksoppjøret*, Tilgjengelig: 11.5.2022. adresse: <https://e24.no/naeringsliv/i/wAb8vL/staten-tilbyr-33-milliarder-i-jordbruksoppjoeret>.
- [89] U. Akram, N.-H. Quttineh mfl., «Enhancing nutrient recycling from excreta to meet crop nutrient needs in Sweden—a spatial analysis», *Scientific Reports*, årg. 9, nr. 1, s. 1–15, 2019.
- [90] Etsy, *Norway Map, 3D Map of Norway, Shaded Relief Map, Norwegian Map, Topographic Map of Norway, Topography of Norway, 3D Printed Map Norway*, Tilgjengelig: 4.6.2023. adresse: <https://www.etsy.com/ca/listing/1232598939/norway-map-3d-map-of-norway-shaded?epik=dj0yJnU9ZmV0ODhDc0MwLVhYMURQdThWcFdxbk%5C%5CNxUXFTLVN6bC0mcD0wJm49UDhUN1JmUDc2c1l1TVExVM1B4NmV6USZ0PUFBQUFBFR1NLMjRB>.
- [91] Fiskedirektoratet, *Landinger i Norge fra norske og utenlandske fartøy i 2023*, Tilgjengelig: 5.6.2023. adresse: <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Tall-og-analyse/Fangst-og-kvoter/Landinger-fordelt-paa-mottak>.
- [92] Statistisk Sentralbyrå, *Kostnadsindeks for vare- og lastebiltransport*. Tilgjengelig: 5.6.2023. adresse: <https://www.ssb.no/statbank/table/12535/>.

Tillegg A

Godkjente økologiske gjødsel- og jordforbedringsmidler

Tabell A.1: Gjødsel og jordforbedringsmidler godkjent for bruk i økologisk landbruk i henhold til EC 889/2008 [15].

Navn	Beskrivelse	Komposisjonskrav & Bruksbetingelser
Husdyrgjødsel	Produktet er en blanding av animalske ekskrementer og vegetabilsk materiale	Industrilandbruk ikke tillat
Tørket gårdsgjødsel og dehydrert fjørfegjødsel Komposterte dyreekskrementer, inkludert fjørfegjødsel og kompostert gårdsgjødsel		Industrilandbruk ikke tillat
Flytende dyreekskrementer		Produktet må gjennomgå kontrollert gjæring og/eller tilstrekkelig fortykning før det brukes Industrilandbruk ikke tillat
Kompostert eller gjæret husholdningsavfall	Produkter laget av kildeseparert husholdningsavfall som har gjennomgått enten kompostering eller anaerob gjæring for produksjon av biogass	Begrenset til husholdningsavfall fra grønnsaker og dyr Produktet kan kun aksepteres dersom det er produsert i et innsamlingsystem som er både lukket og overvåket, og som er godkjent av medlemsstaten Grenseverdien for den maksimale mengden av ulike stoffer som tillates å være tilstede i mg/kg tørrstoff: CD 0,7; Cu 70; Ni 25; Pb 45; Zn 200; Hg 0,4; Totalt Cr 70; Cr (VI) kan ikke påvises
Torv		Bruken er begrenset til hagebruk
Soppdyrkingsavfall		Sammensetningen av produktet må være begrenset til de komponentene som er spesifisert i dette tillegget
Avføring fra mark (vermikompost) og insekter Guano Steinmel og leire	Guano er en samling av avføring fra sjøfugler og flaggermus som har akkumulert og forsteinet over lang tid i grotter eller på fjellhyller i nærheten av kysten. Denne avføringen har høy konsentrasjon av nitrogen, fosfor og kalium	
Kompostert eller gjæret blanding av vegetabilsk materiale	Produkter fremstilt av en blanding av vegetabilsk materiale	Produkter som er produsert gjennom kompostering eller anaerob gjæring for biogassproduksjon
Biogassgjødsel som inneholder animalske biprodukter som er sammenfjæret med materiale av vegetabilsk og animalsk opprinnelse som er oppført i dette tillegget	Kategori 3 animalske biprodukter, inkludert biprodukter fra ville dyr, og innhold fra fordøyelseskanalen til dyr i kategori 2 (i henhold til EC 1069/2009), kan ikke benyttes som ingredienser i dette produktet	Produktene må ikke ha opprinnelse fra industrilandbruk. Prosessene må være i samsvar med EU-forordning 142/2011. Produktene kan ikke påføres spiselige deler av avlingen.
Sporelementer	Uorganiske mikronæringsstoffer som er oppført i EF 2003/2003	

Tabell A.2: Gjødsel og jordforbedringsmidler godkjent for bruk i økologisk landbruk i henhold til EC 889/2008 [15].

Navn	Beskrivelse	Komposisjonskrav & Bruksbetingelser
Produkter og biprodukter av planteopprinnelse som brukes til gjødsel	Eksempler: kake- eller melprodukter av oljefrø, kakaoskall, og maltrester	
Tang og tangprodukter		Så langt det er direkte fremstilt gjennom: (1) fysiske prosesser, dette inkludert dehydrering, frysing og sliping (2) ekstraksjon med vann eller vandig syre og/eller alkalisk oppløsning (3) gjæring
Sagflis og treflis Kompostert bark Treaske		Trærne kan ikke være kjemisk behandlet etter felling
Mykt jordfosfat	Produkt som spesifisert i EC 2003/2003	Grenseverdien for den maksimale mengden av kadmium (Cd) som tillates å være tilstede i mg/kg fosforpentoksid: 90
Aluminium-kalsiumfosfat	Produkt som spesifisert i EC 2003/2003	Grenseverdien for den maksimale mengden av kadmium (Cd) som tillates å være tilstede i mg/kg fosforpentoksid: 90 Bruken er også begrenset til områder med basisk jord som har en pH-verdi på over 7,5
Grunnmalm Rå kaliumsulfat eller kainitt Elementært svovel	Produkt som spesifisert i EC 2003/2003	
Kaliumsulfat (K ₂ SO ₄), muligens inneholdende magnesiumsulfat	Produkt utvunnet fra rå kaliumsulfat ved en fysisk uttrekingsprosess	
Slop og sloputtrekk		Ammoniumslop er ekskludert
Kalsiumkarbonat	Kritt, marmor, kalksteinmalt, bretonforbedringsmiddel, maerl, og fosfatkritt	Bare av naturlig opprinnelse
Magnesium- og kalsiumkarbonat	Eksempler: magnesitkritt, malt magnesium, kalkstein	Bare av naturlig opprinnelse
Magnesiumsulfat (kieseritt)		Bare av naturlig opprinnelse
Kalsiumklorid løsning		Bladgjødning av epletrær, etter påvisning av kalsiummangel
Kalsiumsulfat (gips)	Produkt som spesifisert i EC 2003/2003	Bare av naturlig opprinnelse
Natriumklorid		Bare utvunnet fra minedrift
Leonarditt	Rått organisk sediment rikt på huminsyrer	Må være utvunnet som et biprodukt av gruvedrift
Chitin	Polysakkarid som er utvunnet fra skall av krepsdyr	Bare hvis det er utvunnet fra bærekraftige fiskerier som definert i EF 2371/2002 eller organisk akvakultur
Organisk rikt sediment fra ferskvannsforkomster dannet under utelukkelse av oksygen (f.eks. Sapropel)	Kun organiske sedimenter som er biprodukter fra forvaltning av ferskvannsforkomster eller utvunnet fra tidligere ferskvannsområder tillat. Dette er de maksimale akseptable konsentrasjonene av ulike stoffer, målt i mg per kg tørrstoff: kadmium: 0,7, kobber: 70, nikkel: 25, bly: 45, sink: 200, kvikksølv: 0,4, total krom: 70, krom (VI): ikke påviselig.	Når det er mulig, bør utvinning utføres på en måte som minimerer påvirkningen på vannsystemet. Sedimenter som er avledet fra kilder som ikke er forurenset av plantevernmidler, persistente organiske miljøgifter og bensinlignende stoffer, er de eneste som bør brukes. Videre, bør de maksimale konsentrasjonene av forskjellige stoffer som finnes i sedimentene, målt i milligram per kilogram tørrstoff, ikke overskride følgende nivåer: kadmium: 0,7, kobber: 70, nikkel: 25, bly: 45, sink: 200, kvikksølv: 0,4, totalt krom: 70, krom (VI): ikke påviselig.
Produkter eller biprodukter av animalsk opprinnelse	Listede forbindelser: måltider av blod, hov, horn, bein, avgelatinisert ben, fisk, kjøtt. Fjær, hår, "chiquette" måltid. Ull, pels, hår, meieriprodukter og hydrolyserte proteiner	Grenseverdi for den maksimale mengden av krom (VI) som tillates å være tilstede i pels, uttrykt i mg/kg tørrstoff: Cr (VI): 0 Hydrolyserte proteiner kan ikke påføres spiselige deler av avlingen
Sporelementer	Uorganiske mikronæringsstoffer som er oppført i EF 2003/2003	
Industriell kalk fra sukkerproduksjon	Biprodukt fra sukkerproduksjon fra sukkerbete	
Industriell kalk fra vakuumsaltproduksjon	Biprodukt av vakuumsaltproduksjon fra saltlake funnet i fjell	