

Emily Myklebust  
Sigrid Valle  
Thea Caroline Ødegaard

# Utnyttelse av tørket fiskeslam fra settefiskanlegg for laksefisk som plantegjødsel

NTNU  
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for naturvitenskap  
Institutt for biologiske fag Ålesund

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon  
Veileder: Janna Cropotova  
Medveileder: Astrid Tennøy og Didrik Vartdal  
Mai 2024



Emily Myklebust  
Sigrid Valle  
Thea Caroline Ødegaard

# **Utnyttelse av tørket fiskeslam fra settefiskanlegg for laksefisk som plantegjødsel**

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon  
Veileder: Janna Cropotova  
Medveileder: Astrid Tennøy og Didrik Vartdal  
Mai 2024

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for naturvitenskap  
Institutt for biologiske fag Ålesund



Kunnskap for en bedre verden



## Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	<b>4</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>6</b>
<b>Begreper og definisjoner</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>8</b>
<i>1.1 Hofseth AS</i> .....	8
<i>1.2 Problemstilling og formål</i> .....	8
<i>1.3 Hypoteser</i> .....	8
1.3.1 Hypotese nr.1 .....	9
1.3.2 Hypotese, nr. 2.....	9
<i>1.4 Fremtidig bærekraft</i> .....	9
<b>2. Teoretisk bakgrunn</b> .....	<b>10</b>
<i>2.1 Slam i lakseoppdrettsnæringen</i> .....	10
2.1.1 Kjemisk sammensetning i slam .....	11
2.1.2 Eventuelle forurensninger og grenseverdier i fiskeslam .....	13
<i>2.2 Dagens bruk av slam</i> .....	14
2.2.1 Pyrolyse-produkter .....	14
2.2.2 Hofseths håndtering av slam.....	15
<i>2.3 Slambehandling</i> .....	15
2.3.1 Avvanning av slam .....	16
2.3.2 Slamstabilisering .....	17
2.3.3 Tørrking av slam .....	18
<i>2.4 Gjødning</i> .....	18
2.4.1 Typer gjødning .....	19
2.4.2 Slam fra settefisk som gjødning .....	20
<i>2.5 Planter og næringsbehov</i> .....	21
2.5.1 NPK hos planter.....	22
2.5.2 Hodosalat .....	23
2.5.3 Reddik.....	23
<b>3. Material og metode</b> .....	<b>25</b>

3.1 Innsamling og analyse av tørket fiskeslam.....	25
3.2 Såing av frø .....	25
3.3 Ompotting og forsøksoppsett.....	27
3.4 Vanning .....	28
3.5 Måling av pH i jord.....	30
3.6 Gjødsling .....	30
3.6.1 Utregning av gjødselmengde .....	30
3.6.2 Tilsetting av gjødsel.....	30
3.7 Måling av vekst.....	32
3.7.1 Høyde og visuelle observasjoner .....	32
3.7.2 Vekt av ferdige planter .....	33
3.8 Fargeanalyse.....	33
3.9 Kjemiske analyser .....	34
3.9.1 Kjemisk analyse av tørket fiskeslam fra Hofseth Aqua og planteprøver .....	34
3.10 Statistiske analyser .....	35
<b>4. Resultater.....</b>	<b>35</b>
4.1 Kjemiske analyser .....	35
4.1.1 Kjemisk analyse av hodesalat.....	36
4.1.2 Kjemisk analyse av reddik.....	37
4.2 Høyde .....	37
4.2.1 Høyde hodesalat .....	37
4.2.2 Høyde reddik .....	38
4.2.3 Vekstrate for begge forsøksarter.....	38
4.3 Vekt.....	40
4.3.1 Vekt av hodesalat.....	40
4.3.2 Vekt av reddik .....	41
4.4 Visuelle resultater fra dyrking.....	42
4.4.1 Hodesalat .....	42
4.4.2 Reddik.....	43
4.5 pH-verdier i jord .....	43
4.5.1 pH for hodesalat.....	43
4.5.2 pH for reddik .....	44
4.6 Fargeparametere.....	44
4.6.1 Lyshet .....	44
4.6.2 Gulhet .....	45
4.6.3 Rødhet.....	46
4.6.4 Statistiske tester for kolorimetrisk analyse.....	47
<b>5. Diskusjon .....</b>	<b>48</b>

<i>5.1 Kjemiske sammensetninger</i> .....	48
5.1.1 Tørket fiskeslam fra Hofseth AS .....	48
5.1.2 Hodesalat .....	49
5.1.3 Reddik.....	51
<i>5.2 Fargeparametere og visuelle observasjoner</i> .....	51
5.2.1 Hodesalat .....	51
5.2.2 Reddik.....	53
<i>5.3 Vekst (høyde og vekt)</i> .....	53
<i>5.4 pH</i> .....	54
<b>6. Konklusjon</b> .....	<b>55</b>
<b>7. Referanseliste</b> .....	<b>57</b>
<b>8. Vedlegg</b> .....	<b>66</b>

## Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet i samarbeid med Hofseth AS og NTNU i Ålesund, og markerer avslutningen på vår bachelorgrad i Biomarin innovasjon.

Gjennom studieløpet har hele bachelorgruppen hatt praksisplasser i havbruksnæringen. Vi har lenge blitt undervist i hvor mye avfall næringen skaper, men det ble mer virkelig når vi både så, og måtte håndtere det selv. Vi har også blitt undervist i flere emner om stoffkretsløp, og hvordan avfall fra oppdrettsnæringen kan skade naturmangfoldet i havet. Interessen om bærekraft og innovasjon vekket derfor en idé i oss, og vi ønsket derfor å undersøke løsninger på hvordan man kan utnytte en tapt ressurs i oppdrettsnæringen. Bachelorgruppen var heldig nok til å få med seg Hofseth på laget, som er spesielt opptatt av bærekraftig innovasjon i næringen. Vi håper at oppdrettsnæringen har mer fokus på bærekraft i fremtiden, slik at man kan utnytte seg bedre av ressursene fisken kan tilby.

Etter tre år i Ålesund har vi lært mye til vår fremtidige karriere, og vi gleder oss til å presentere vårt siste prosjekt før avgang. I denne anledningen vil vi også rette en takk til vår hovedveileder Janna Derks Cropotova, førsteamanuensis hos NTNU. Takk for flotte innspill, god hjelp og konstruktive tilbakemeldinger. Vi setter stor pris på hvordan hun helt fra start har engasjert seg i oppgaven vår. Hun har satt av mye tid til oss, og vært veldig behjelpelig. Vi vil også rette en takk til våre veiledere Astrid Tennøy og Didrik Vartdal i Hofseth AS, som også har vært behjelpelig på flere områder og gitt gode tilbakemeldinger gjennom arbeidet.



## Sammendrag

Våren 2024 ble det gjennomført et forsøk på hodesalat (*Lactuca sativa*) og reddik (*Raphanus sativus*), der tørket fiskeslam fra Hofseth Aqua ble benyttet som organisk gjødselkilde. Effekten av fiskeslammet ble sammenlignet med kommersiell kunstgjødsel og en kontrollgruppe. Formålet med forsøket var å undersøke potensialet tørket fiskeslam kan ha som gjødsel, og hypotesene tar for seg spørsmålet om tørket fiskeslam fremmer vekst og bidrar til økt næringsinnhold hos plantene. Parameterne som ble undersøkt inkluderer høyde, vekt, visuell observasjon, pH, kolorimetrisk- og kjemiske analyser. Resultatene fra disse undersøkelsene viste hvordan effekten av de ulike gjødselvariablene (fiskeslam, kunstgjødsel og kontrollplante) påvirket vekst og næringsinnhold hos de to plantartene. Det ble observert at tørket fiskeslam hadde en positiv effekt på hodesalat. Det var ingen signifikante forskjeller mellom gjødselvariablene hos reddik. Disse funnene understreker behovet for mer forskning og tilpasninger for å optimalisere bruken av fiskeslam i agronomisk forskning, spesielt med tanke på reglement og miljømessige aspekter. Oppgaven fremhever viktigheten av innovasjon i oppdrettsindustrien og bidrar til nytenkning. Studiet konkluderer med at tørket fiskeslam kan fungere som en gjødselkilde, og dette åpner for muligheter til å redusere avhengigheten av kunstgjødsel – noe som fremmer en mer bærekraftig ressursutnyttelse.

## Abstract

In the spring of 2024, an experiment was carried out on head lettuce (*Lactuca sativa*) and radishes (*Raphanus sativus*) using dried fish sludge originating from Hofseth Aqua as a source of organic fertilizer. The effect of the fish sludge was compared with commercial artificial fertilizers and a control group. The purpose of the experiment was to investigate the potential of dried fish sludge as a fertilizer, and the hypotheses addressed whether dried fish sludge promotes growth and contributes to increased nutrient content in plants. The parameters examined included height, weight, visual observation, pH, colorimetric- and chemical analyses. The resource results showed how the different fertilizer options (fish sludge, artificial fertilizer, and control plant) affected the growth and nutrient content of the two plant species. It was observed that dried fish sludge had a positive effect on head lettuce. No significant effect on the accumulation of nutrients was observed between the experimental groups of radishes. These findings underline the need for further research and adjustments to optimize the use of fish sludge in agronomic research, especially considering regulations and environmental aspects. The research highlights the importance of innovation in the aquaculture industry and contributes to new thinking. The study concludes that dried fish sludge can act as a fertilizer source, opening opportunities to reduce dependence on artificial fertilizers – promoting more sustainable resource utilization.

## Begreper og definisjoner

<b>Bærekraftig utvikling</b>	«En utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov» (Fn, 2023a).
<b>Eutrofiering</b>	Områder hvor kilder med nitrogen (N) og fosfor (P) har ført til algeoppblomstring på grunn av økt mengde næringsstoffer (Universitetet i Oslo, 2022). Algene kan bruke opp oksygenet i vannet og områder kan bli til «døde soner».
<b>Plantenæringsstoffer</b>	Makronæringsstoffer som gir plantene en normal vekst og utvikling (Universitetet i Oslo, 2019). Karbon (C), oksygen (O), hydrogen (H), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), svovel (S) og magnesium (Mg).
<b>Stoffkretsløp</b>	Bevegelsen av et næringsstoff gjennom jordens økosystemer (Ndla.no, 2020). Et kretsløp av næringsstoffer som gjentar seg, men rundene kan være forskjellige.
<b>Det grønne skiftet</b>	Handler om hvordan verden skal omstille seg til å leve med utvikling og vekst innenfor naturens tålegrenser (Miljødepartementet, 2021). Overgang til bærekraftige alternativer som gir mindre negative konsekvenser for klima og miljø.
<b>Suspendert stoff</b>	Partikler man finner i en vannprøve (Pedersen, 2023b). Brukes i sammenhenger med undersøkelser og utslipp av avløpsvann eller lignende.
<b>Settefiskanlegg</b>	Settefiskanlegg er industribygg på land som tar i bruk vannkilder (elver, sjøvann) for å klekke og produsere frem lakseyngel, for å så smoltifisere laksen med sjøvann klar til utsett – enten i åpne merder, lukkede merder eller på landbaserte anlegg (Fiskeridirektoratet, u.å.).
<b>Gjennomstrømningsanlegg</b>	Settefiskanlegg som henter inn ferskvann/sjøvann uten å gjenbruke det (Artec Aqua, u.å.). Det tilsettes oksygen, og er biologisk nærmest det man finner i naturen til laksefisk. Vannet «strømmer gjennom» anlegget kontinuerlig.
<b>Faeces</b>	Ufordøyd mat (ekskremitter) utskilt fra fordøyelseskanalen hos dyr eller mennesker (Universitetet i Oslo, 2024). Sammensetningen vil være forskjellig ut ifra konsum, og fasthet vil være avhengig av blant annet vanninnhold.
<b>Fiskeslam</b>	«Fiskeslam er et avfallsprodukt fra oppdrettsnæringen som består av ekskremitter (faeces) og fôrspill» (Brod & Øgaard Falk, 2021).
<b>Anaerob/aerob</b>	Anaerob betyr at organismer lever og vokser uten oksygen, mens aerobe organismer trenger oksygen for å leve og vokse (Tønjum & Bøvre, 2024).

## 1. Innledning

### 1.1 Hofseth AS

Hofseth, etablert av Roger Hofseth i 2001, representerer en ledende aktør i havbruksindustrien med produksjonsanlegg for fersk, frosset, og kaldrøkt laks og ørret (Line Sørli, personlig kommunikasjon, 29.februar 2023). Selskapet har posisjonert seg som en leverandør av høykvalitets sjømat gjennom sine strategiske plasserte produksjonsenheter. Hofseth tilbyr hele verdikjeden fra rogn til ferdig pakket fisk.

Hofseth Aqua har markert seg med sitt nyskapende postsmoltanlegg for laks og ørret, et av de største globalt (Line Sørli, personlig kommunikasjon, 29.februar 2023). Anlegget, som er etablert i Tafjord og bygget i 2018, ble ferdigstilt i 2023 og har som mål å forbedre fiskeoppdrett ved å holde fisken lengre på land. Dette gir en rekke fordeler, som sterkere og større fisk, redusert tid i sjøen, og dermed mindre eksponering for lus. Dette bidrar til bedre fiskevelferd og bedre produksjon. Med en bærekraftig tilnærming til oppdrett posisjonerer Hofseth seg med fokus på innovasjon.

### 1.2 Problemstilling og formål

Dagens produksjon av fiskeoppdrett fører til store mengder fiskeslam, et biprodukt som per i dag har liten utnyttelsesgrad (Rantaniitty & Skaar, 2019). Formålet med studiet er å kunne bruke fiskeslam fra settefiskanlegg som gjødsel. Dette fordi det er et voksende ønske om bærekraft i oppdrettsnæringen. Studiet undersøker også om man effektivt kan resirkulere næringsstoffer fra slammet, videre til annen produksjon. Dette adresserer mulighetene slam kan ha i jordbruket, slik at dagens intensive bruk av kunstgjødsel muligens kan reduseres.

### 1.3 Hypoteser

Basert på oppgavens problemstilling ble det utarbeidet to hypoteser, hvor den første er essensiell for den andre. De er som følger:

### 1.3.1 Hypotese nr. 1

Hypotese nr. 1 er basert på bruksområdet slam kan ha som gjødsel til planter. Formålet med denne hypotesen er å bekrefte om slam fungerer som gjødsel og fremmer vekst hos plantene som er dyrket frem.

*H<sub>0</sub>: Slam fra settefiskanlegg gir dårlige levevilkår og hemmer veksten til plantene.*

*H<sub>1</sub>: Slam fra settefiskanlegg gir gode levevilkår og fremmer veksten til plantene.*

### 1.3.2 Hypotese nr. 2

Hypotese nr. 2 er basert på plantenes næringsinnhold. Det blir gjennomført undersøkelser av planter for å se om organisk gjødsel (fiskeslam) fører til høyere næringsinnhold i planter kontra bruk av kunstgjødsel.

*H<sub>0</sub>: Bruk av organisk gjødsel (fiskeslam) gir ikke et høyere næringsinnhold enn ved bruk av kunstgjødsel.*

*H<sub>2</sub>: Bruk av organisk gjødsel (fiskeslam) gir et høyere næringsinnhold enn ved bruk av kunstgjødsel.*

## 1.4 Fremtidig bærekraft

Verden står i dag ovenfor en rekke globale miljøutfordringer. Det diskuteres mye om det nye «grønne skiftet», et politisk slagord som innebærer at flere land må tenke nyskapende for å fremme en bærekraftig utvikling (Skagen, 2021). Et grønt skifte kan for eksempel innebære å utnytte tapte ressurser i den marine sektoren for en mer sirkulær produksjon. Det er stor verdiskapning i næringen, hvor innovasjon og bærekraft har kommet mer og mer i fokus.

FNs naturpanel (IPBES) utarbeidet «Naturavtalen» i desember 2022, hvor 196 land skrev under på flere mål som skal arbeide mot verdens naturkrise. To av hovedmålene er å verne 30% av all natur, og restaurere 30% av ødelagt natur innen 2030 – noe som krever store bærekraftige tiltak

for blant annet akvatiske økosystemer (Fn, 2023b). Norges største eksportnæring er fortsatt den ikke-fornybare kilden olje- og gass (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021). Havbruk har raskt blitt Norges nest største eksportnæring. Næringen har gitt positive ringvirkninger, som for eksempel trygg sjømatproduksjon, mer mat til verden, flere arbeidsplasser, og store verdier for Norge. Det gir dessverre også flere negative påkjenninger, som for eksempel tap av store areal, tap av arts mangfold, forstyrrelser i økosystemene, økt avfall og utslipp av kjemikalier ( Østli & Sætre, 2018; Naturvernforbundet, 2020).

Oppdrettsnæringens sjø- og settefiskanlegg har også bidratt til store utslipp av næringsstoffer som forårsaker blant annet eutrofiering (Nygård, 2023). Myndighetene finner avvik på oppsamling av slam ni av ti ganger når de kontrollerer settefiskanleggene rundt om i landet. Det er derfor et fåtall av anleggene som følger utslippsreglement. Dersom slammet kan gi verdi, vil flere muligens følge loven om å samle opp slammet. Store utslipp av slam kan forårsake døde soner - områder hvor akvatisk liv ikke overlever på grunn av lavt oksygenivå (Environmental Protection Agency, 2024). Det trengs derfor nyteknologier og innovasjoner i feltet, slik at man finner en løsning på oppdrettsnæringens utfordringer. På den måten kan man drive produksjon på naturens premisser, uten å nå vippepunktene til sårbare økosystemer.

## 2. Teoretisk bakgrunn

### 2.1 Slam i lakseoppdrettsnæringen

Det var rundt 115 operative settefiskanlegg i Norge, med en total produksjon på 400 millioner laks (*Salmo salar*) og 18.40 millioner regnbueørret i 2022 (Fiskeridirektoratet, 2023). All denne laksen spiser flere millioner tonn fôr hvert år. Fiskefôret har et høyt innhold av næringsstoffer som blant annet fosfor (P), kalium (K) og nitrogen (N). Typiske forhold for slam på intensive norske gjennomstrømningsanlegg er ca. 150-200 kg suspendert stoff (SS), 7 kg P og 40 kg N pr. tonn fisk produsert (Bergheim & Brinker, 2003). En del av næringsstoffene fra fôret blir ikke alltid fordøyd, og havner derfor i faeces til fisken. Det er også en mengde uspist fôr som blir til avfall sammen med fiskefaeces. 66 000 tonn med N og 14 000 tonn P går til spille hvert år i

oppdrettsindustrien (Broch & Ellingsen, 2020). Store mengder fiskeslam kan føres tilbake til ulike stoffkretsløp, noe som viser at dagens oppdrettsnæring har potensiale til å bli mer sirkulær og bærekraftig.

P er en verdifull, men begrenset ressurs i naturen. Fiskeslam har høyt innhold av P, og det kan derfor være lurt å optimalisere bruken av det tapte biproduktet (Aas & Åsgård, 2017). Ettersom det stadig blir flere settefiskanlegg og sjøanlegg, resulterer dette i mer fiskeslam. Per i dag samles slam opp fra settefiskanlegg, noe som gjør det til en potensiell verdifull ressurs (Aas & Åsgård, 2017). På dagens åpne sjøanlegg er kun noen få virksomheter som har iverksatt tilstrekkelige system for oppsamling av slam (Framo, u.å.). Årsaken til dette er fordi lukkede anlegg har bedre forutsetninger for å kunne samle opp slammet, da det ikke er gjennomstrømming av vann og andre partikler slik som på åpne sjømerder.

### *2.1.1 Kjemisk sammensetning i slam*

Den kjemiske sammensetningen i slam varierer betydelig avhengig av produksjon og anlegg. Hovedforskjellene kommer fra ulike mengder fôr som brukes, og fôrspill som dannes i oppdrettsanlegget. Slammet inneholder de samme næringsstoffene som i fôret, men i varierende konsentrasjoner (Eltervåg, 2018). Faeces utgjør en betydelig del av slammet, og har en høyere konsentrasjon av P sammenlignet med fôret. I tillegg inneholder det flere ufordøyelige karbohydrater, men mindre fett og protein enn fôret (Aas & Åsgård, 2017). Fiskeslam har typisk en N-konsentrasjon på rundt 4-5% og en P-konsentrasjon på 2-3% (Eltervåg, 2018). Fôret, spesielt for laks, har vanligvis et høyt energiinnhold på omtrent 25 Mj/kg. Slammet har vanligvis et tørrstoffinnhold (TS) på rundt 10%, noe som påvirker behandlingsprosessen og bruken av slammet.

I et tidligere forsøk ble det sett på forskjellen i kjemisk sammensetning mellom fôr og faeces. I forsøket ble 1,3 kilos laks og fôr av kommersiell type benyttet (Tabell 1) (Aas, 2021).

Tabell 1: Innholdet av P, N og Zn hos fôr og faeces. Tabellinnhold er hentet fra rapport av Nofima (Aas, 2021).

Parameter	Fôr	Faeces	Enhet
P	9.78	20.22	g/kg
N	4345	16443	mg/kg
Zn	186	408	mg/kg

Den kjemiske sammensetningen i slam kan delvis kontrolleres av hvor mye fôrspill som samles opp, og fôringsrutiner (Aas & Åsgård, 2017). Innholdet av planteprotein og ufordøyelige karbohydrater vil påvirke mengden faeces i slammet, dette fordi det øker mengden ufordøyet materiale. Avhengig av hensikt kan landanlegg redusere fôrspill og øke innholdet av fordøyelige ingredienser for å redusere slam – noe som er bedre for ressursutnyttelse. For gunstig bruk både som gjødsel (lavere konsentrasjon av tungmetaller) og biogass (mer energi i fôr) lønner det seg for oppdrettere å ha fôrspill i slammet. Samtidig baserer regelverket for tungmetaller seg på konsentrasjoner, ikke mengde, og det kan derfor være mindre fordelaktig å redusere faeces nettopp fordi det øker konsentrasjonen i forhold til mengden (Tabell 2).

Tabell 2: Sammenligning av næringsinnholdet i fiskefôr og tørket slam fra et kommersielt landanlegg. Tabellinnhold er hentet fra rapport av Nofima (Aas, 2021).

Parameter	Fiskefôr	Tørket slam	Enhet
TS i slam	93.50	89.10	%
P	16.40	25.90	g/kg
NH <sub>4</sub> -N		3200	mg/kg
K	9.85	0.66	g/kg
Na	7130	1200	mg/kg
Cd	0.3	1.00	mg/kg
Zn	175	433	mg/kg

I et forsøk utført ved NMBU ble testet fiskeslam som gjødsel i agronomisk planteproduksjon (Eltervåg, 2018). I forbindelse med forsøket ble en prøve med tørket fiskeslam fra Mowi sitt



settefiskanlegg analysert. Prøven inneholder faeces, fôrspill og polymer, og er deretter varmetørket. Oversikten over kjemisk sammensetning i tørket fiskeslam viser at N-nivået er bemerkelsesverdig høyere enn de andre næringsstoffene (Tabell 3).

Tabell 3: Oversikt over kjemisk sammensetning av tørket fiskeslam fra Mowi, utført av Eurofins (Eltervåg, 2018).

Parameter	Tørket fiskeslam	Enhet
TS i slam	90	%
N	6.30	g/100g
P	6900	mg/kg
NH <sub>4</sub> -N	3200	mg/kg
K	170	mg/kg
N	2000	mg/kg
Ca	0.24	mg/kg
Zn	130	mg/kg

### 2.1.2 Eventuelle forurensninger og grenseverdier i fiskeslam

For å vurdere fiskeslam som gjødsel, er det viktig å analysere innholdet av organiske miljøgifter og tungmetaller (Gulden, 2023). Miljøgifter er kjemiske forbindelser som er lite nedbrytbare, og kan akkumuleres i miljøet rundt og i levende organismer. Dette fører til økt helsemessig risiko for både mennesker og dyr. Det finnes derfor et gjeldene regelverk med grenseverdier for spredning av organiske materialer som kan føre til stor forurensning. Lover og forskrifter pålegger produsentene strenge retningslinjer når det gjelder tungmetaller i gjødsel (Mattilsynet, 2023).

Mattilsynet krever at produsenter etablerer prøvetakingsrutiner for det behandlede gjødselproduktet, med spesiell oppmerksomhet på kadmium (Cd) og sink (Zn), som ofte er til stede i fiskeslam. Forskriftene har fastsatte grenseverdier for disse tungmetallene i jordbruksjord (Tabell 4). Zn tilsettes i fiskefôret som et essensielt element i kostholdet til laks. Cd er et uønsket og giftig metall som følger marine ingredienser til fôret, spesielt fra fiskemel og fiskeolje, på grunn av globale forurensninger i havet (Silva et al., 2019). Tidligere analyser antyder at

konsentrasjonen av Cd og Zn i tørket slam er innenfor EUs grenseverdier for bruk av organisk gjødsel. Ved forsvarlig bruk av fiskeslam kan det bidra til bærekraftig gjenvinning av næringsstoffer til jordbruksland, samtidig som det kan forbedre jordkvaliteten (Gulden, 2023). For å sikre at fiskeslammet forblir en bærekraftig ressurs, er det imidlertid essensielt med kontinuerlig overvåkning og ytterligere testing av organiske miljøgifter.

Tabell 4: Maksimumsgrenser for tillatt innhold av tungmetaller angitt i mg/kg TS (totalinnhold) for Kadmium (Cd) og Sink (Zn) etter lov om gjødselvarer mv. av organisk opphav (Lovdata, 2023). Kvalitetsklassene rangeres fra 0 til III, hvor 0 har strengest reguleringer, og størst bruksområde for gjødsel. Full tabell i vedlegg 3.

Kvalitetsklasser	0	I	II	III
<b>Mg/kg TS</b>				
Cd	0.40	0.80	2	5
Zn	150	400	800	1500

Etter “Forskrift om gjødselvarer mv. Av organisk opphav” klassifiserer man gjødselvarer etter deres innhold av tungmetaller fra kvalitetsklasse 0 til III (*Forskrift om organisk gjødsel*, 2008, §10-27). Kvalitetsklasse 0 til II kan benyttes på jordbruksarealer, private hager og parker, og kvalitetsklasse III kan brukes på grøntarealer der det ikke skal dyrkes mat. I 2019 kom det en ny forskrift som ennå ikke har tredd i kraft. Denne forskriften vil spesifikt gjelde for gjødsel laget av avløpsslam (*Endr. i forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav*, 2019, §25a).

Myndighetene jobber nå også med et nytt regelverk som vil skille mellom regler for selve gjødselen og bruken av den (Landbruksdirektoratet, 2024).

## 2.2 Dagens bruk av slam

### 2.2.1 Pyrolyse-produkter

Pyrolyse refererer til prosessen hvor lange karbonkjeder i bioavfall/avløpsslam, brytes ned til enkle forbindelser. Prosessen kjennetegnes ved at den utføres ved høye temperaturer i anaerobe forhold (Pedersen, 2023a). Prosessen kan først gjennomføres etter at slammet er avvannet og tørket. Det ideelle vanninnholdet er 5-20%. Hensikten med pyrolyseringen er å produsere

biogass, biokull og bioolje av bioavfallet. Pyrolysing av avløpsvann kan potensielt rense bort uønskede stoffer, som miljøgifter, og biokullet kan dermed brukes til å tilbakeføre P og C i jorden (Lindqvist, 2023). Biokull håndterer biologisk nedbrytning svært godt, og kan lagre C i jorden i flere hundre år (Joner et al., 2017). Studier viser at blanding av biokull i åkerjord kan øke vannlagringsevnen, biomasseproduksjonen, C-innholdet og redusere utslipp av lystgass (N<sub>2</sub>O). Det bidrar også til bedre utnyttelse av næringsstoffer, spesielt i kombinasjon med husdyrgjødsel eller kompost.

### *2.2.2 Hofseths håndtering av slam*

Hofseth Aqua leverer i dag noe av slammet til biogassproduksjon hos Glør AS i Lillehammer (M. Storholt, personlig kommunikasjon, 25. januar 2024). Under biogassproduksjon er det mikroorganismene som produserer biogass. Dette utføres ved å bryte ned organisk materiale under anaerobe forhold. Når gassen forbrenner vil det frigjøre energi, og på denne måten kan dette brukes til drivstoff på transportmidler som buss og bil, eller brukes til å produsere elektrisitet. Biogassproduksjon reduserer utslipp av drivhusgasser, og fortrenger bruken av fossilt brensel (Scarlat et al., 2018). Dette fordi biogass er en del av naturens kretsløp, og har null utslipp av CO<sub>2</sub> eller svovel (S) (GLØR, 2022).

Husdyrgjødsel, fiskeslam, og avløpsslam er noen eksempler på kilder til biogass (Cabell et al., 2019). På grunn av store mengder slam har flere biogassanlegg planer om å satse på fiskeslam som ressurs. Norge er med andre ord på god vei til å utvinne fiskeslam til biogass. Etter man har utvinnert biogass, sitter man igjen med biorest (Brod & Kristoffersen, 2017). Dette ligner på flytende husdyrgjødsel, med et TS-innhold på 5%. Etter utvinningen vil innholdet av organisk materiale være halvert, men næringsstoffinnholdet vil så å si være bevart. Biorest er spesielt rikt på N, P og K, og brukes hovedsakelig videre som gjødsel til jordbruk.

## **2.3 Slambehandling**

Håndtering og behandling av slam fra settefiskanlegg er for øyeblikket ikke regulert av spesifikke forskrifter som er direkte knyttet til settefisk (Rosten et al., 2013). Så langt har det

vært forskriften om begrensning av forurensning som regulerer tillatte løsninger for filtrering, og dette gjelder også utstyr og løsninger som brukes i kommunale avløp (*Forurensningsforskriften*, 2022). Imidlertid er disse løsningene ikke alltid tilpasset behovene til settefiskbransjen på grunn av slammets spesifikke sammensetning og det store volumet vann som er involvert (Rosten et al., 2013). Løsninger for filtrering av slam må derfor kunne tilpasses ulike mengder TS, kjemisk sammensetning, samt behovene for lagring og transport.

Slambehandling kan kategoriseres i tre hovedtrinn (Rosten et al., 2013). Det første trinnet omhandler separasjon av vannet fra slammet, inkludert prosesser som fortykning, avvanning og tørking. Deretter går man videre til stabilisering, før man til slutt utfører hygienisering. Slambehandlingen begynner med filtrering, og valget av filtersystem varierer fra anlegg til anlegg (Aas, 2021). Større anlegg benytter vanligvis et rørsystem for å transportere utløpsvannet fra tankene til et felles filtersystem. Disse filtreringssystemene separerer fôr- og faeces partikler fra resten av avløpet

### *2.3.1 Avvanning av slam*

For å separere væske fra fast stoff brukes ofte et stoff kalt polyakrylamid (Helseth, 2023). Polyakrymider i form av kationiske (positivt ladde) polymerer er mest vanlig, og dette stoffet blir ofte benyttet som tykningsmiddel. Det kan få store og små partikler til å klumpe seg sammen, og gjør vannet mellom partiklene lettere å fjerne. Bruk av polymeren kan konsentrere slammet, øke avvanningssystemets kapasitet, gi høyere TS-innhold og forbedre kvaliteten på avløpsvannet.

Avvanning er en prosess som brukes ved flere typer slamavfall (Cabell et al., 2019). Prosessen er vanlig i landbruksindustrien, avfall fra prosessindustri og ikke minst fiskeoppdrett. Ved avvanning blir væsken skilt fra de faste partiklene. Vanligvis skjer mekanisk filtrering som første steg under avvanning til 12-20% TS. Under avvanning forekommer det også en oppkonsentrasjon av N og P. Næringsstoffinnholdet i avvannet slam kan endre seg ved bruk av ulike metoder. Det er mer kostbart å frakte slam med lavt TS-innhold på grunn av dårlig arealutnyttelse. Avvanner man slammet før transport vil man kunne få levert mer konsentrert slam, som er tykkere og lettere håndterlig. Dette vil gi lavere transportkostnader.

I denne sammenhengen, hvor man vil unngå for høyt vanninnhold i slammet, er avvanning en essensiell prosess for å få ønsket resultat. Avvanning er første trinn i gjenvinningsprosessen, og det finnes ulike metoder å gjøre det på. Hos Hofseth Aqua bruker de båndfilter for å avvanne slammet (Vedlegg 7). Etter båndfiltrering går slammet til en oppsamlingstank. Når nivået er høyt nok i tanken, pumpes det videre til en dekanter. Her sentrifugeres slammes enda mer, og store deler av vannet fjernes før tørking.

### *2.3.2 Slamstabilisering*

Ved håndtering av råslam benyttes det ofte en stabiliseringsprosess som skal unngå forråtnelse (Cabell et al., 2019). Hovedformålet er å oppnå et stabil slam som kan deponeres eller gjennomgå ytterligere behandling uten å skape luktproblemer (Schancke & Paulsrud, 1976). Dette kan gjøres gjennom anaerob eller aerob nedbrytning av det organiske materialet, samt ved bruk av kjemikalier.

Anaerob stabilisering av slam er nedbrytning av organisk materiale uten tilstedeværelse av oksygen (Rosten et al., 2013). Dette skjer vanligvis i en lukket og oppvarmet tank (Schancke & Paulsrud, 1976). Enzymer bryter ned organisk materiale og produserer organiske syrer og alkoholer (Rosten et al., 2013). Gassproduserende bakterier spiser på disse forbindelsene og danner metan, karbondioksid og vann. Til slutt dannes utrånnet slam, bestående av inert materiale og den delen av organisk materiale som ikke har blitt omdannet.

Aerob slamstabilisering er en biologisk oksidasjon der mikroorganismer omdanner organisk materiale i slam til karbondioksid, vann og ny celledmasse (Schancke & Paulsrud, 1976). Dette skjer over tid i et stabiliseringsbasseng, der mikroorganismene spiser av seg selv og annet dødt materiale. Med tilstrekkelig lufting vil kun tungt nedbrytbart organisk materiale og uorganisk materiale være igjen. Aerob stabilisering kan utføres enten som våtkompostering (i flytende form) eller tørrkompostering (avvannet slam) (Rosten et al., 2013). Hofseth benytter seg av sistnevnte metode (Vedlegg 7). Det resulterende slammet er stabilt og skaper ikke luktproblemer under lagring.

### 2.3.3 Tørking av slam

For å oppnå høyt TS-innhold kan man bruke den tradisjonelle metoden; termisk tørking. Ved termisk behandling fordamper man vannet i slammet som ikke lar seg fjerne med mekanisk avvanning (Rosten et al., 2013). Tørking er en termisk prosess hvor væsken fjernes fra en fast struktur gjennom en faseendring (Sæther, u.å.). Det finnes ulike metoder for å tørke, men de fleste tar i bruk luft. Hofseth tørker slammet ved bruk av termisk tørking (høy varme) og oppnår ca. 95% TS (Vedlegg 7). Tørkeprosessen kjøres vanligvis så langt at man oppnår et TS-innhold på 85-95 % i slammet, men tørkingen kan også stoppes tidligere hvis slammet senere skal forbrennes. Det tørkede slammet kan deretter pelleteres eller pulveriseres (Borzym et al., 1992).

Å benytte seg av termisk behandling for å fjerne vann er mer kostbart sammenlignet med filtrering og separasjon. Man er derfor avhengig av en høyere grad av slam før det er praktisk gjennomførbart (Rosten et al., 2013). Et nytt pilotprosjekt utviklet av Tocircle i samarbeid med SINTEF lover betydelige energibesparelser for tørkeprosesser i oppdrettsindustrien (Berge, 2022). Prosjektet kan mulig redusere energikostnadene ved tørking av fiskeslam med opptil 70%. Etter en lang forskningsfase er teknologien klar til å tas i bruk ved norske settefiskanlegg. Imidlertid kan termisk behandling være svært fordelaktig, ettersom den muliggjør sterilisering av patagonene bakterier (inaktivering av mikrober og enzymer) og stabilisering av produktet med TS-grader over 90 % (Borzym et al., 1992).

## 2.4 Gjødning

I Norge, hvor det er mye nedbør og erosjon, blir store deler av næringen i jorden over tid borte (Universitetet i Oslo, 2021a). Det kan også bli mangel på næring fordi næringen blir konsumert av planter. Gjødning, en sammensetning av uorganiske grunnstoffer som planter trenger for å vokse, er derfor vanlig å tilføre jorden. I gjødning finner man plantenæringsstoffer som N, P og K. Disse stoffene blir vanligvis tatt opp som ioner fra jordsmonnet gjennom røttene. Gjødning kan både være organisk med opphav fra planter eller dyr, eller kunstig fremstilt. Dersom man driver med intensivt jordbruk kan dette fjerne viktige mineraler i jorden, og derfor er det vanlig å kompensere med gjødning.

Det er svært få jordtyper som inneholder nok næring til landbruksvekster i Norge (Universitetet i Oslo, 2021a). Jordbruksindustrien driver svært intensivt jordbruk, og mye av gjødslet som brukes er kunstgjødsel. Det er et økende fokus på å bruke organisk gjødsel, da dette er mer bærekraftig enn å fremstille kunstige stoffer. Dette fordi organisk gjødsel bidrar til et gjennomgående stoffkretsløp, da næringsstoffer blir tilbakeført til jorda. Likevel er det viktig å tenke på at organisk husdyrgjødsel kan gi spredning av sykdommer, dersom det ikke er tilstrekkelig varmebehandlet (Høie et al., 2012). Som nevnt tidligere kan organisk gjødsel med opphav fra slam inneholde tungmetaller, hvor for høye verdier vil være problematisk for landbruket.

I Norge er 50% av metanutslipp, 70% av lystgassutslipp og 91% av ammoniakkutslipp knyttet til jordbruk (Høie et al., 2012). Dette spesielt med tanke på drift av drøvtyggende husdyr som kyr, og bruk av husdyrgjødsel. Utslipp av lystgass skyldes bruk av husdyrgjødsel og dyrking i myrjord, da gass blir frigitt ved grøfting. Gjødsel spres over marker og jord, ofte i flytende form gjennom gjødselspredere (Universitetet i Oslo, 2021a). Planter krever ofte mer gjødsel i starten av vekstfasen, men det er viktig å ikke spre gjødsel for raskt, og ikke når det er mye nedbør. Dette kan gi avrenning, og mindre gjødsel til jorden. Avrenning fra flytende gjødsel kan forårsake eutrofiering, som kan skape anaerob bunnsone i vannområder (Universitetet i Oslo, 2022). Dette er høyst uønsket, noe som poengterer viktigheten ved å regulere bruken av flytende gjødsel, slik det er anbefalt.

#### *2.4.1 Typer gjødsel*

Gjødsel deles inn i to hovedkategorier (Bondekompaniet, u.å.):

- *Naturgjødsel (organisk gjødsel): «er laget av organisk material, som inkluderer elementer som husdyrgjødsel, hage- og kompost, matkompost, samt slam fra settefiskproduksjon.»*
- *Mineralgjødsel (kunstgjødsel): «er industrielt fremstilt gjødsel som inneholder næringsstoffer i deres mest konsentrerte form.»*

Norge har en lang tradisjon for produksjon av gjødsel, og både bruk av kunstgjødsel og organisk gjødsel har sine fordeler og ulemper (Universitetet i Oslo, 2021a). Kunstgjødsel inneholder de store næringsstoffene: N-P-K (Vik, u.å.). Dersom en pakke gjødsel er merket med eksempelvis

NPK 4-2-5, betyr dette at innholdet i gjødslet er 4% N, 2% P og 5 % K (Bondekompaniet, u.å.). Et av argumentene mot kunstgjødsel, er at man primært gir næring til plantene, men bidrar lite til mikroorganismene som er viktig for jordens helhetlige helse. Produksjon av kunstgjødsel krever mye energi, og det mineralske P er en ikke- fornybar ressurs. De naturlige forekomstene av P er i ferd med å gå tom, og dette kan skape problemer dersom man er avhengig av kunstgjødsel (Universitetet i Oslo, 2021a). Det er derfor viktig å se på muligheten for å bruke begge typer gjødsel for å sikre en bærekraftig planteproduksjon.

Organisk gjødsel er en type resirkulering av avfall, som gir en tilbakeføring av plantevekst og ressursen i jorda (Vik, u.å.). Fordelen med organisk gjødsel er at den gir næring både til plantene og jorda, noe som bidrar til et mer langvarig og mer bærekraftig jordbruksmiljø (Universitetet i Oslo, 2021a). Bruk av noen organiske gjødsler krever som nevnt at man varmebehandler for å drepe uønskede patogener som kan ha dårlig effekt på jorden og plantene. Dårlig varmebehandling av husdyrgjødsel kan gi store spredninger av ugrasfrø og soppsykdommer.

Planteveksten påvirkes av jordtype, vanninnhold, jordstruktur, lufttilgang og pH (Eltervåg, 2018) (Brod et al., 2017). Det er derfor viktig å tilpasse seg ulike planter og deres behov. Tidligere forskning viser at tørket fiskeslam kan ha en relativ agronomisk effekt (RAE) på 50-80 % sammenlignet med kunstgjødsel - dette når det ble brukt som en kilde til N for bygg. Dette kan antyder at slam kan være effektivt som et gjødselalternativ, selv om det ikke er like effektivt som mineralgjødsel. Derimot viser et annet studie, som testet salatdyrking i jord ved bruk av slam, at i noen tilfeller har slam gitt bedre vekst sammenlignet med kunstgjødsel (Lenz et al., 2021). Dette antyder også at tørket gjødsel fra slam kan mulig være en bærekraftig og en effektiv måte å dyrke på, men det er mangel på informasjon og studier i feltet.

#### *2.4.2 Slam fra settefisk som gjødsel*

Fiskeslam fra settefiskanlegg anses å være en nyttig ressurs, dersom det kan samles opp og gjenvinnes. Som nevnt kan det for eksempel brukes som jordforbedring og/eller i agronomisk planteproduksjon. Dersom våtslam fra settefiskanlegg brukes som gjødsel er det primært i nærliggende områder (Eltervåg, 2018). Per dags dato er korte avstander for distribuering av slam den enkleste og mest vanlige. Likevel vil distribuering av våtslam medføre flere problemer i



form av transportering, lukt, og avrenning i nærområdene. Alternativt kan settefiskanlegg levere slammet til biogassanlegg, hvor slam og husdyrgjødsel kombineres. Dette er det de fleste anlegg velger å gjøre i dag. Restene av biogassen (biorest) brukes i gjødsel. Så langt er det gjennomført flere forsøk med fokus på å undersøke fiskeslam som gjødsel. Fiskeslammet inneholder som nevnt tidligere en høy konsentrasjon av P, som enten kan være en nyttig råvare i gjødselprodukt eller som P-gjødsel (Cabell et al., 2019).

Analyser gjort av NMBU antyder at tørket fiskeslam hadde et forhold mellom N/P i tråd med det plantene trenger (Eltervåg, 2018). I henhold til regelverket for gjødselprodukter er tørket fiskeslam også det mest hensiktsmessige, spesielt når det gjelder håndtering og spredning. Med sitt rike innhold av P indikerer dette at fiskeslam har et potensial til å fungere som gjødsel. Dette potensialet strekker seg utover lokal og nasjonal bruk, og åpner muligheter for å undersøke tørket slam enda dypere. Spredning av flytende fiskeslam er også utfordrende på grunn av spesielt spredningsutstyr som trengs for å spre jevnt slamprodukt. Tørket gjødsel i partikkelform kan spres med kalkspredere, men kan skape problemer knyttet til støv, og vil være vanskelig å spre jevnt. Pellets har vist seg å være den mest gunstige måten å spre gjødsel på, både på grunn av holdbarhet, men også spredningsevne (Cabell et al., 2019).

I Norge er P rikelig til stede i flere av landets fylker, spesielt på Sørvest-, Vest- og Nordvestlandet (Cabell et al., 2019). Den overdrevne tilførselen av P til jordbruksområder fører som sagt til avrenning og forurensning av vassdragene. Organiske kilder til P og N er begrensede, selv om store mengder av disse næringsstoffene går tapt fra landbruket på grunn av avrenning, samt fra ulike avløpssystemer. Problemet er at P ofte foreligger i en utilgjengelig form. Flere fylker på Østlandet er i underskudd av P i jorden, spesielt uten tilførsel av kunstgjødsel. Disse områdene er hovedsakelig avhengige av kunstgjødsel for landbruksformål. En lønnsom strategi for å utnytte organiske P og N kilder ville være å erstatte kunstgjødsel med organiske gjødselprodukter fra industrien langs kysten.

## **2.5 Planter og næringsbehov**

Planter er fotosyntetiserende, noe som betyr at de omdanner karbondioksid fra omgivelser til sukker ved hjelp av lysenergi og vann (Kvalbein & Eldhuset, 2017). Plantene henter all energi fra sola, men for å vokse trenger de god tilgang på plantenæringsstoffer. De aller fleste planter tar opp næring fra jorda som enkle ioner, men det er ingenting som tyder på at opprinnelsen har noe betydning. Næringen kan derfor komme fra for eksempel kompost, husdyrfaeces eller kjemisk industri.

Det opp til 17 grunnstoff som trengs for at planten kan fullføre livssyklusen (Universitetet i Oslo, 2019). For lite eller for mye av et stoff kan skade planten sitt næringsopptak, eller gi forgiftning (Eltervåg, 2018). Plantene bør aldri oppleve mangel på K, Mg, jern (Fe) eller mangan (Mn) – da dette kan hemme opptaket av CO<sub>2</sub>. Plantenes vekst svekkes oftest av den ressursen som er begrensende. Dette trenger ikke være plantenæringsstoffer, men lys, varme eller vann. I norsk natur er det derimot N som regnes som minimumsfaktoren. N gir sterk skuddvekst, og øker også behovet for andre næringsstoffer som P. I en rapport fra NIBIO skrives det at alle planter i utgangspunktet behøver N, P, K, S, Ca, Mg og Fe – med størst næringsbehov i samme rekkefølge (Kvalbein & Eldhuset, 2017). pH har også en essensiell funksjon for plantene. Dersom man har for høy pH, i tillegg til for høyt innhold av P, vil dette kunne gi mangel på mikronæringsstoffer som Fe og Zn (Eltervåg, 2018). Tilgjengeligheten av næringsstoffer er til dels styrt av pH. Vekstmediet bør helst ha en pH på 6-6,5, da næringsstoffene vil være mest tilgjengelig i dette området.

### *2.5.1 NPK hos planter*

N er viktig for dannelsen av plantenes proteiner. Det er N som ofte bestemmer hvor mye planten vokser (Kvalbein & Eldhuset, 2017). Næringsstoffet tas opp fra jorda som ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) og nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), hvor ammonium gjør jorda surere, mens nitrat ofte gjør den mer basisk. Planter vil vokse best dersom begge N-formene er tilstede (Universitetet i Oslo, 2023). For flere grønnsaker er N det begrensede næringsstoffet, da mangel på næringsstoffet viser til dårlig vekst i tidligere forsøk (Woodman, 1943). Mangel på N kan gi gule planter med svak vekst. For mye N vil gi rask vekst men svake planter med mye bladverk fremfor frukt (Østmoe, 2018). N vil derfor være et av de sterkeste næringsstoffene i forbindelse med plantenes vekst og trivsel.

P er kritisk for plantevekst, og sørger for et godt stoffskifte mellom toppen av planten og rotsystemet (Eltervåg, 2018). Det absorberes best i jord med en pH mellom 5.50-7.50. Ved for høy eller lav pH kan P være i en utilgjengelig form for plantene. Mangel på P kan gi brune flekker, og eldre blader vil visne mens yngre blader blir mørkegrønn. Plantene kan også få rød farge slik som ved N-mangel (Aarnes, 2023).

K er viktig for vannopptak, fotosyntese, plantens resistens mot frost og tørke, og sjukdommer. Rikelig tilførsel med K gir god kvalitet på frukt, bær og grønnsaker. Mangel på stoffet vil kunne gi gråhvite flekker på blad, og krøllete og slappe blad (Østmoe, 2018). K er også viktig for at flere enzymer i planten skal virke optimalt (Universitetet i Oslo, 2021b).

### 2.5.2 Hodesalat

Hodesalat (*Lactuca sativa*) er en grønn, rund salat med fast hode. Den har noe løsere blader ytterst, og liker både sol og halvskygge, med næringsrik jord (Hade glede.no, u.å.). Generelt skal hodesalat høstes på en gang, men det går også an å plukke salatblad underveis da det vil vokse ut nye. Salat kan både dyrkes i jord og vann, mellom temperaturer på 15-20 grader celsius. Utviklingstiden varierer med lysmengde og temperatur, men en plass mellom 4-8 uker er sannsynlig (Rodriguez, 2012). Salaten trenger jord som tørker lett opp, da dette lettere kan frigjøre næringsstoffer. Salat har større N-krav enn reddik, og det brukes en del husdyrgjødsel for å gi tilstrekkelig næring (Mogan, 2020). Det anbefales å gjødsle med 10 kg N per dekar. Likevel kan det forekomme skade på bladrandene dersom det blir for sterk N-gjødsling. Dette skjer fordi planten opplever stress når den vokser raskt, og den klarer derfor ikke å håndtere miljøendringene raskt nok (Brodin, 2020). Salat er også utsatt for surjordsskader, noe som oppstår ved for lav pH i jorden. Gunstig pH-verdi for salat ligger mellom 6 og 7 (Mogan, 2020).

### 2.5.3 Reddik

Reddik (*Raphanus sativus*) er en rund, rød rotfrukt med hvitt kjøtt fra korsblomstfamilien (Hjelmstad, 2017). Det drives produksjon av arten i lysfattige årstider, som tidlig vår og høst. Det går som regel 8-10 uker fra såing til høsting. Reddik vokser best i gode lysforhold og med temperert temperatur. Reddik kan fint dyrkes i vekstrom, og frøene vil spire etter 2-3 dager i temperaturer rundt 20 grader celsius (Apeland, 1982). Reddik trives best i næringsrik og steinfri

jord, med jevn fuktighet. De trenger også gjennomsnittlig med gjødsel underveis i vekstperioden, med ca. 5 kg N, 1,5 kg P og 5 kg K per dekar (Gibalova, 2017). Under spiring må man være forsiktig med vanning da dette kan gi rotbrann, en rotsykdom som forårsaker sopp og nedbrytning. Man bør heller ikke vanne for lite, da dette kan gi en skarp smak og svampete frukter. En jevn tilførsel av vann vil gi røtter uten sprekker og god smak på reddikene. Reddik trives med en pH-verdi på litt under 7 (nøytralt) (Hagefriken, 2023).

Reddik er rik på kostfiber, kalorifattig og en kilde til vitamin C (Bama, u.å.-b) (Tabell 5) Hodesalat er kalorifattig, og rik på kostfiber (Bama, u.å.-a) (Tabell 6). Er også en kilde til vitamin K, B-vitaminet folat, K og betakaroten. I dette forsøket ble det brukt Reddik av typen «Rapid Red 2» og Hodesalat «Král máje I» som forsøksarter.

Tabell 5: Oversikt over næringsinnhold i Reddik fra Bama, dyrket i Norge.

Ernæring pr 100 g	Verdi
Energi KJ/kcal	60 kj/16 kcal
Fett/hvorav mettede fettsyrer	0.1 g /0 g
Karbohydrater/hvorav sukkerarter	2.5 g/2.4 g
Kostfiber	1 g
Protein	0.7 g
Salt	0 g
Vitamin C (askorbinsyre)	21 mg

Tabell 6: Oversikt over næringsinnhold i Hodesalat fra Bama, dyrket i Norge.

Ernæring pr 100g	Verdi
Energi KJ/kcal	89 kJ/21 kcal
Fett/hvorav mettede fettsyrer	0.2 g/0 g
Karbohydrater/hvorav sukkerarter	2.6 g/0.3 g
Kostfiber	1 g
Protein	1.8 g
Salt	0.5 g
Vitamin A	304 RAE
Vitamin C (askorbinsyre)	30 mg
Vitamin E	1.9 alfa-TE
Vitamin K	126 ug

### 3. Material og metode

#### 3.1 Innsamling og analyse av tørket fiskeslam

Prøvene av tørket fiskeslam ble innhentet hos Hofseth Aqua, et settefiskanlegg i Tafjord (Fv92 1385, 6213) 25. januar 2024. Under innsamlingsprosessen ble helse, miljø og sikkerhet (HMS) retningslinjer nøye fulgt. Det ble brukt personlig verneutstyr, bestående av hansker, frakk, briller og ansiktsmasker. Bruk av maske var spesielt viktig for å forhindre inhalering av slamstøv, gitt at slammet besto av fine partikler. Prøvene ble samlet i fire separate begere ved hjelp av en kopp for å overføre det tørkede slammet fra de større oppbevaringsenhetene, også kalt 'big-bags', hvor det ferdigtørkede slammet ble lagret (Figur 1).

De innsamlede slamprøvene ble sendt til SGS Analytics Norway AS (SGS) for kjemiske analyser. Ved SGS ble det utført standardiserte analytiske prosedyrer for å bestemme den kjemiske sammensetningen av det tørkede slammet. Prosessen sikret nøyaktig identifisering og kvantifisering av både makro- og mikronæringsstoffer, TS, samt eventuelle tungmetaller i prøven. De næringsstoffene som ble analysert er: N, P, K, ammoniumnitrogen ( $\text{NH}_4\text{N}$ ), natrium (Na), saltinnhold, Cd og Zn. Siden det var tilsatt sand i slammet, ble det også testet innhold av sand i prøven: silisium (Si) og silisiumoksyd ( $\text{SiO}_2$ ).



Figur 1: Tørket fiskeslam hentet fra big-bags hos Tafjord settefiskanlegg.

#### 3.2 Såing av frø

Videre ble frøene sådd på laboratoriet. Fire fiberbrett med 12 såpotter (Plantasjen, Art.nr. 2354524) per brett, ble benyttet til å så frøene (Figur 2 og 3). Hver seksjon ble fylt halvveis opp med såjord (Plantasjen, Art.nr. 548048), og ved bruk av hendene ble jorden smuldret opp. Det ble valgt en såjord med lav tilsetning av næringsstoffer for å redusere sjansen for å påvirke næringsinntaket til plantene. To og to brett ble plassert i hvert sitt «Drivhus Allround med lokk»

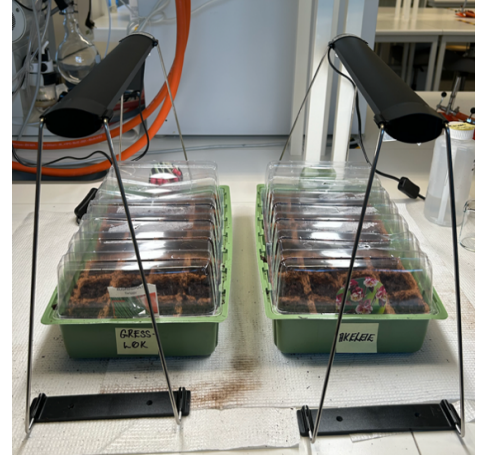
(Plantasjen, Art.nr. 548269) (Figur 4). Reddikplanten (*Impecta*, Art.nr. 548775) hadde lavest garantert spiring på 70%, og det ble plantet tre frø per såpotte. Det ble også plantet tre frø i hver potte fra Hodosalat (*Impecta*, Art.nr. 548775).



*Figur 2: Såpottes med såjord og hodesalat*



*Figur 3: Såpottes med såjord og reddik*



*Figur 4: Forsøksoppsett etter planting av frø.*

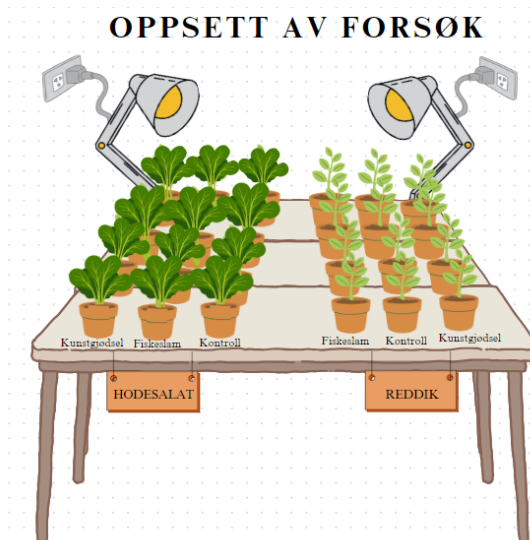
Alle de 24 såpottene ble deretter fylt heltopp med såjord. Destillert vann ble brukt for å vurdere kun påvirkning av slam og gjødsel på plantene. Ved hjelp av en målekolbe ble 15 mL vann målt opp, og tilsatt i hver såplante. For ekstra oksygentilgang ble det benyttet en saks til å klippe tre hull i hvert av lokkene til drivhusene. Deretter ble lokkene plassert over såpottene, og to lamper for plantebelysning ble plassert over dem (Crescendo 14 W, 660 lm, Plantasjen, Art.nr. 532585). To eksterne tidsbrytere (Jula, Anslut IP20) ble brukt med innstilte intervaller på 12 timer, der lyset var på fra 07:00 til 19:00 (Figur 2, 3, og 4).

### 3.3 Ompotting og forsøksoppsett

Etter at plantene spiret, ble de ompottet med ny jord av samme type som brukt til såing. Hodesalat ble pottet om til grønne plastikkpotter (Art.nr. 548274, Plantasjen), reddik ble pottet om til grå plastikkpotter (Art.nr. 552225, Plantasjen). Etter ompotting ble hver plantart plassert på totalt tre dyrkebrett (Art.nr. 4314712, Plantasjen), med fire potter per brett. Dette satte også grunnlaget for hvilke planter som ble gjødslet med hva. Alle brett ble så merket med fiskeslam, kunstgjødsel eller kontroll (ingen gjødsel) og de ble satt radvis. Etter plassering på brett ble hver potte merket med S1–S12 (hodesalat) og R1–R12 (reddik). Det animerte bildet er ment som en lett

forklaring på forsøksoppsettet, og forklarer hvordan rad-systemet fungerer (Figur 5). Det var også viktig at hver enkelt rad ikke fikk kontaminering fra andre brett, da det kan påvirke resultatet. Hodesalat ble delt opp slik: Rad en (S1-S4) er gjødslet med kunstgjødsel, rad to (S5-S8) er gjødslet med fiskeslam, rad tre (S9-S12) er kontrollplanter uten gjødsel. Reddik ble delt opp slik: Rad en (R1-R4) er gjødslet med fiskeslam, rad to (R5-R8) er kontrollplanter uten gjødsel, rad tre (R9-R12) er gjødslet med kunstgjødsel.

Etter ompotting, plassering på brett og merking av potter ble hodesalatens plantelys plassert på samme plass, slik som gjort ved avsnitt 2.2. På grunn av reddikens høye potter måtte det andre plantelyset bygges opp. Dette ble gjort med teip og potter. To opphøyninger av potter ble laget. Dette ble gjort ved å sette to potter oppå hverandre, før de ble teipet sammen. Stativet til plantelyset ble så teipet fast på potte-oppbyggingen, slik at den ikke skulle falle ned i plantene. Bilder av reelt forsøksoppsett som viser dette er avbildet i figur 6 og 7.



Figur 5: Animert forsøksoppsett. Tre gjødselvariabler (kunstgjødsel, fiskeslam og kontroll) for hver plantart.



Figur 6: Bilde av forsøksoppsett hos reddik. Opphøyd lysarmatur laget av pottes og teip, høye såpottes pluss merking av pottes og de tre ulike radene.



Figur 7: Bilde av forsøksoppsett hos hodesalat. Lysarmatur, lave såpottes, pluss merking av pottes og de tre ulike radene.

### 3.4 Vanning

Gjennom hele forsøket ble plantene vannet med destillert vann, hentet fra laboratoriet. En målekolbe på 50 ml og en sikkerhetsklemmeflaske med mål, ble benyttet for å nøyaktig måle opp den bestemte vannmengden. Ved starten av forsøket behøvde frøene minimale mengder vann, og det ble i snitt vannet med 10 ml hver gang de første fire vanningene før ompotting. Begge plantene fikk identisk behandling ved oppstart. Etter ompotting ble plantene vannet hver andre dag, hvor mengden varierte etter behov (Tabell 7).



Tabell 7: Oversikt over vanningstidspunkt og ml destillert vann tilført for forsøksplantene. Ingen farge = spiringsperiode. Grønn = Før gjødsling. Gul = Etter gjødsling.

Dato	Hodesalat	Reddik	Enhet
1/29/2024	15	15	ml
2/1/2024	5	5	ml
2/5/2024	15	15	ml
2/7/2024	5	5	ml
2/9/2024	10	10	ml
2/12/2024	15	15	ml
2/14/2024	30	30	ml
2/16/2024	50	50	ml
2/19/2024	30	40	ml
2/20/2024	50	90	ml
2/23/2024	20	60	ml
2/26/2024	0	90	ml
2/28/2024	0	50	ml
3/1/2024	5	50	ml
3/4/2024	100	40	ml
3/6/2024	0	40	ml
3/8/2024	10	50	ml
3/11/2024	20	80	ml
3/13/2024	20	60	ml
3/15/2024	0	90	ml

### 3.5 Måling av pH i jord

I undersøkelsen av jordens pH-verdier ble det tatt 12 prøver fra potter med reddik (1R-12R) og 12 prøver med hodesalat (1S-12S), der hver prøve bestod av 1 gram jord. Dette ble gjennomført før tilsetning av gjødsel, og ved siste forsøksdag. Jordprøvene fra 1R-12R og 1S-12S ble nøyaktig veid opp ved hjelp av en digital presisjonsvekt og plassert individuelt i tolv rene begerglass. For å fremstille en jordløsning ble 50 ml destillert vann målt opp fra en standard målekolbe, og deretter tilsatt til hver av prøvene for å løse opp jordpartiklene. Hver jordløsning ble behandlet med en magnetisk omrører utstyrt med et magnetrør. Dette sikret homogenisering av løsningen og bidro til å bryte ned jordklumper. Løsningen ble omrørt i begerglassene fra 20-40 sekunder (Figur 8). pH-målingene ble utført ved å forsiktig senke elektroden ned i hver løsning, og verdien ble registrert i Microsoft Excel når målingen stabiliserte seg. pH-meteret senkes ned diagonalt og holdes stille i begerglasset (Figur 8). For å unngå krysskontaminasjon ble pH-meteret og magnetrøreren skyllet grundig med destillert vann mellom hver enkelt måling.



Figur 8: Bildet viser et pH-meter, utstyrt med et begerglass, som inneholder en jordprøve.

### 3.6 Gjødsling

#### 3.6.1 Utregning av gjødselmengde

Ved utregning av gjødselmengde ble det tatt utgangspunkt i N for utregning av gjødselmengde, da dette er primærnæringsstoffet for økt vekst. Næringsbehovet for reddik pr. dekar er 5 kg N, mens næringsbehovet for hodesalat pr. dekar er 10 kg N – som nevnt i avsnitt 2.5. Gjennomførte beregninger og tabeller over N-innhold i fiskeslam og kunstgjødsel er vedlagt som vedlegg 2.

#### 3.6.2 Tilsetning av gjødsel

Det kunstige gjødslet som ble brukt i forsøket var av typen «Tomatnæring» (Nelson Garden,

Art.nr 538067). Det flytende gjødslet ble valgt ettersom det hadde tilsvarende innhold av N-P-K i forhold til fiskeslammet. Det organiske gjødslet som ble brukt var tørket fiskeslam, hentet fra Hofseth Aqua. Gjødsselforsøket varte i totalt fire uker, og forsøket startet dagen gjødsel ble tilsatt.

Nødvendig gjødselmengde for hver planteart ble beregnet og tilsatt etter behov (Tabell 8). Gjødslet ble veid opp i et begerglass på en digital presisjonvekt (Figur 9). Under behandling av fiskeslammet ble det benyttet munnbind og hansker, da det kan komme små partikler fra slammet under berøring. Deretter ble 50 ml destillert vann målt opp i en målekolbe, og tilsatt til begerglasset under kontinuerlig røring, med en liten skje. Dette var viktig for å homogenisere prøven, da fiskeslammet har høyt TS, og kan klumpe seg. Gjødslet ble så tilsatt i de utvalgte pottene. For at fiskeslammet skulle nedmoldes i jorden ble det rørt inn i det øverste jordlaget med en skje (Figur 10).

Tabell 8: Oversikt over utregnet og tilsatt gjødselmengde for hodesalat og reddik (Vedlegg 2).

<b>Hodesalat</b>		<b>Reddik</b>	
<b>Kunstgjødsel (g)</b>	<b>Fiskeslam (g)</b>	<b>Kunstgjødsel (g)</b>	<b>Fiskeslam (g)</b>
1.28	3.76	0.78	2.27

Kontrollprøvene ble kun tilført vann, og ikke gjødsel, gjennom hele forsøksperioden. Disse prøvene ble inkludert for å fungere som en nødvendig kontrollmekanisme. Ved å ekskludere tilsetning av gjødsel i kontrollprøvene, kunne den isolere virkningen av de ulike gjødseltypene og objektivt vurdere deres innflytelse på plantenes utvikling. På denne måten bidro kontrollprøvene til å sikre at eventuelle observerte forskjeller i vekst mellom de to gjødseltypene kunne tilskrives deres faktiske virkning.



Figur 9: Veiing av tørket fiskeslam



Figur 10: Bilde av S5-S9 hvor det har blitt tilsatt fiskeslam. Her ser man behovet for omrøring i jorden.

### 3.7 Måling av vekst

#### 3.7.1 Høyde og visuelle observasjoner

For å kartlegge vekst hos plantene, ble det iverksatt en metodikk som inkluderer både kvantitative og kvalitative analyser. Den kvantitative analysen omfattet presise målinger av plantenes vekt og høyde. Høyden ble målt ved å plassere en linjal vertikalt fra jordoverflaten til det høyeste punktet på planten (Figur 11). Der det var flere enn én stilk per potte, ble hver av dem målt individuelt og gjennomsnittet beregnet. Disse målingene ble tatt ved forsøkets start (tilføring av gjødsel), og deretter ukentlig over en periode på fire uker. For den kvalitative analysen ble det benyttet fotografier som et middel for å dokumentere visuell utvikling for plantartene. Bilder ble tatt tre ganger ukentlig, fra forsøkets begynnelse til slutt. Dette tillot gode observasjoner og muligheter for å registrere eventuelle visuelle forandringer og utviklingstrekk ved plantene.



Figur 11: Bruk av linjal for å måle høyde i cm av hodesalat.

### 3.7.2 Vekt av ferdige planter

Ved siste forsøksdag, 19. mars, ble vekten av plantene målt. Måling av vekt ble utført ved å forsiktig fjerne plantene fra jorden, etterfulgt av en varsom rensing med destillert vann for å fjerne jordrester, deretter tørket med papir. Videre ble hver plante veid individuelt på en digital presisjonvekt (Figur 12). Salat gjødslet med kunstgjødsel (S1-S4), fiskeslam (S5-S8) og kontrollplanter (S9-S12) ble samlet i separate plastikkposer. Det samme ble gjort for de tre gjødselvariablene hos reddik. For hodesalat ble hver pose markert med Hodesalat 1 (kunstgjødsel), hodesalat 2 (fiskeslam) og hodesalat 3 (kontroll). For reddik ble posene markert med reddik 1 (fiskeslam), reddik 2 (kontroll) og reddik 3 (kunstgjødsel).



Figur 12: Veiing av hodesalaten på digital presisjonsvekt.

### 3.8 Fargeanalyse

Kolorimetrisk analyse ble utført for å kvantifisere fargen på reddik og hodesalat, basert på fargens intensitet. Konica Minolta 400 kolorimeter ble brukt for målingene, og instrumentet ble kalibrert med hvit plate i henhold til produsentens spesifikasjoner før analyse. Fargemålingene ble basert på  $L^*a^*b^*$  fargesystemet, som er en standardisert metode for fargebeskrivelse og kvantifisering. Fargeskalaen  $L^*a^*b^*$  brukes for å karakterisere fargene på ulike materialer på en objektiv metode. Innenfor denne skalaen indikerer  $L^*$ -verdier materialets lyshet på en skala som strekker seg fra 0, som tilsvarer svart, til 100, som tilsvarer hvit. En verdi på under 51 på denne skalaen betyr at materialet har en mørk til svart farge, mens verdier over 51 indikerer en overgang mot hvit.  $a^*$ -verdier måler rødhet, med positive  $a^*$ -verdier som angir en rød fargetone og negativ  $a^*$ -verdier som representerer grønn fargetone.  $b^*$ -verdier viser gulhet, der positive  $b^*$ -verdier fremstiller gul farge og negative  $b^*$ -verdier indikerer blå farge.



Figur 13: Bruk av kolorimeter på hodesalat.

Det ble utført to paralleller hos begge plantearter i de tre forskjellige gjødselvariablene: kontroll , fiskeslam og kunstgjødsel. Prøvene ble plassert på et flatt, fargenøytralt underlag før måling. Kolorimeterets målehode ble forsiktig presset ned mot prøvene for å sikre kontakt med prøven (Figur 13). Denne prosessen ble gjentatt to ganger for hver prøve.

Resultatene fra den kolorimetrisk analysen vil gi et objektivt mål på fargeintensiteten til reddik og hodesalat, noe som kan korreleres med kjemisk sammensetning av plantematerialet.

### 3.9 Kjemiske analyser

#### 3.9.1 Kjemisk analyse av tørket fiskeslam fra Hofseth Aqua og planteprøver

Tabell 9: Oversikt over parametere, hvilken enhet og ulike analysemetoder som ble brukt hos SGS Analytics Norway AS for analyser av fiskeslam.

Parameter	Enhet	Metode
Tørrestoff i slam (TS)	%	SS-EN 12880-1:2000
N	g/kg TS	SS-EN 16169:2012
P	g/kg TS	EN ISO 54321 EN16171
NH <sub>4</sub> -N	G N/kg	SM 23rd 4500C+B
K	g/kg TS	EN ISO 54321 EN16171
Na	m/kg TS	EN ISO 54321 mod
Salt (NaCl) fra Na	g/100g	Calc. From Sodium
Cd	mg/kg TS	SS-EN ISO 11885-2
Zn	mg/kg TS	SS-EN ISO 11885-2

Ulike metoder for fastsettelse av kjemisk sammensetning i planteprøvene ble benyttet. Metodene ble bestemt av SGS Analytics Norway, og ga verdier for tørrestoff og åtte næringsstoffer.

Tabell 10: Oversikt over parametere, enhet, metode og måleusikkerhet for de kjemiske analysene av planteprøvene.

Parameter	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Vanninnhold	%	Bas.på dir1152/2009/EU	± 4.58 - 4.73
Tørrstoff	%	Bas.på dir1152/2009/EU	± 0.28 - 0.42
N	%	Kjeldahl	± 0.01 – 0.02
N	% av TS	Kjeldahl	
P	%	NS-EN ISO 17294-2	
K	%	NS-EN ISO 17294-2	
Na	%	NS-EN ISO 17294-2	
Salt (NaCl) fra Na	%	NS-EN ISO 17294-2	± 0.005 – 0.01

### 3.10 Statistiske analyser

Microsoft Excel ble brukt til å utarbeide diagrammer og tabeller. Data ble analysert med IBM SPSS ved bruk av Enveis Analyse av Varians (ANOVA). Forskjellene ble ansett som signifikante ved et sannsynlighetsnivå på  $P \leq 0,05$ . Testene ble utført på verdiene funnet ved måling av vekt og kolorimetrisk analyse.

## 4. Resultater

### 4.1 Kjemiske analyser

TS-andelen ble målt til 97.50%, mens nivåene av N (24 g/kg TS), P (19 g/kg TS) og K (2.70 g/kg TS) ble registrert (Tabell 11). Analysen viste et høyere innhold av N og P i forhold til K.

Tabell 11: Viser en oversikt over næringsstoffer mengde næringsstoffer i tørket fiskeslam fra Hofseth Aqua, analysert av SGS Analytics Norway AS. Tørrstoff blir oppgitt i prosent, mens resten av næringsstoffene blir oppgitt i g/kg og mg/kg. Tabellen viser også to grenseverdier, en for Cd og en for Zn.

Parameter	Resultat	Enhet	Grenseverdi
Tørrstoff i slam (TS)	97.50	%	

N	24	g/kg TS	
P	19	g/kg TS	
NH <sub>4</sub> N	2	G N/kg	
K	2.70	g/kg TS	
Na	5400	mg/kg TS	
Salt (NaCl) fra Na	1.30	g/100g	
Cd	0.81	mg/kg TS	2
Zn	500	mg/kg TS	800

#### 4.1.1 Kjemisk analyse av hodesalat

Det var høyere prosent av P (0.05%) og K (0.72%) i hodesalat dyrket med fiskeslam enn de andre gruppene (Tabell 12). N-innholdet (% av TS) var likt hos fiskeslamgruppen og kunstgjødselgruppen, mens kontrollplantene var 0.40 % høyere. Saltinnholdet var likt i alle tre plantegruppene.

Tabell 12: Oversikt over kjemisk sammensetning per gjødselvariabel for hodesalat, gitt av SGS Analytics Norway AS (Vedlegg 1)

Parameter	Hodesalat - fiskeslam	Hodesalat - kunstgjødsel	Hodesalat – kontrollplante	Enhet
Vanninnhold	93.40	94.50	94.20	%
Tørrstoff	6.60	5.50	5.80	%
N	0.24	0.20	0.232	%
N	3.60	3.60	4	% av TS
P	0.05	0.04	0.04	%
K	0.72	0.63	0.67	%
Na	0.023	0.009	0.013	%
Salt (NaCl) fra Na	<0.08	<0.08	<0.08	%



#### 4.1.2 Kjemisk analyse av reddik

Det var lavest innhold av N (0.355% våtvekt og 4.30% av TS) i fiskeslamgruppen (Tabell 13). Saltinnholdet var likt i alle tre plantegruppene. Innholdet av K var størst i reddik (0.74) gjødslet med kunstgjødsel kontra de to andre plantegruppene.

Tabell 13: Oversikt over kjemisk sammensetning per gjødselvariabel for reddik, gitt av SGS Analytics Norway AS (Vedlegg 1)

Parameter	Reddik - fiskeslam	Reddik - kunstgjødsel	Reddik - kontrollplante	Enhet
Vanninnhold	91.80	92.0	91.5	%
Tørrstoff	8.20	8.0	8.5	%
N	0.355	0.387	0.385	%
N	4.30	4.80	4.50	% av TS
P	0.06	0.06	0.06	%
K	0.73	0.74	0.69	%
Na	0.030	0.030	0.030	%
Salt (NaCl) fra Na	<0.08	<0.08	<0.08	g/100g

## 4.2 Høyde

#### 4.2.1 Høyde hodesalat

Høyden av hodesalat ble målt hos de tre gjødselvariablene (Tabell 14). Ved starten av forsøket var plantehøyden størst hos fiskeslam (8.31 cm), og lavest hos kunstgjødsel (7.36 cm). Ved slutten av forsøket var de registrert størst høyde hos kontrollplanten (15.34 cm) og lavest høyde for kunstgjødsel (14.69 cm).

Tabell 14: Viser en oversikt over gjennomsnittlig høyde per gjødselvariabel for hodesalat i starten, midten og slutten (uke 8,10 og 12). Tallene er regnet ut fra vedlegg 4 (gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik,  $n=4$ ).

Uke	Høyde av hodesalat		
	Kunstgjødsel	Fiskeslam	Kontroll
8	7.36 $\pm$ 0.91	8.31 $\pm$ 0.95	7.98 $\pm$ 1.69
10	12.96 $\pm$ 0.32	13.82 $\pm$ 1.53	14.46 $\pm$ 0.25
12	14.69 $\pm$ 0.88	15.14 $\pm$ 1.9	15.34 $\pm$ 0.88

#### 4.2.2 Høyde reddik

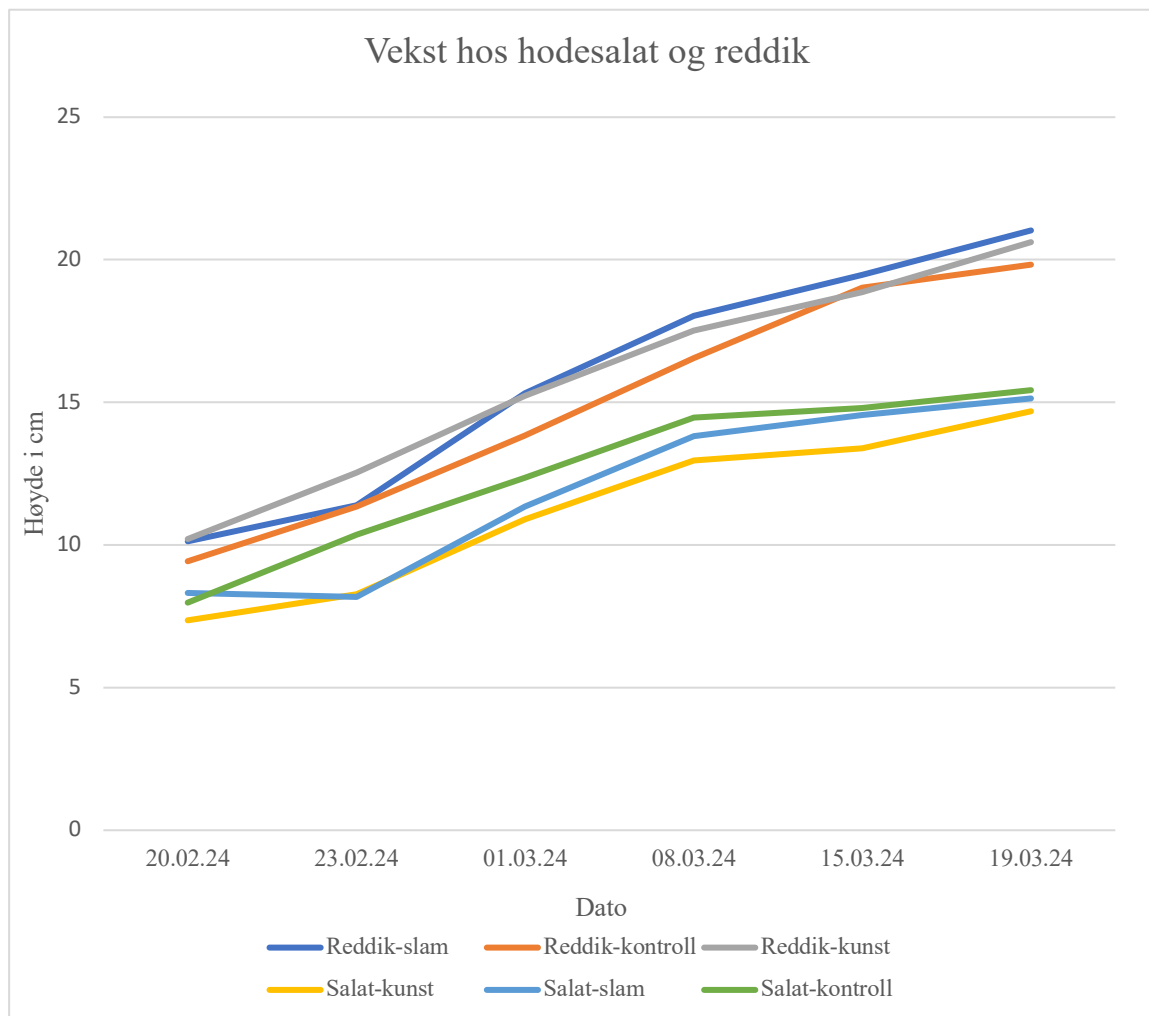
I eksperimentet ble høyden av reddikene målt hos de tre plantegruppene. Resultatene viser at fiskeslammet var høyest i uke 8, 10 og 12 (Tabell 15). Kontrollgruppen viste den laveste høyden gjennom observasjonsperioden.

Tabell 15: Viser en oversikt over gjennomsnittlig høyde per gjødselvariabel for reddik i starten, midten og slutten av forsøket (uke 8, 10 og 12). Tallene er regnet fra vedlegg 5 (gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik,  $n=4$ ).

Uke	Høyde av reddik		
	Fiskeslam	Kontroll	Kunstgjødsel
8	10.13 $\pm$ 1.39	9.43 $\pm$ 2.02	10.21 $\pm$ 1.85
10	18.04 $\pm$ 2.21	16.56 $\pm$ 1.93	17.51 $\pm$ 2.05
12	21.03 $\pm$ 1.71	19.83 $\pm$ 1.12	20.62 $\pm$ 2.42

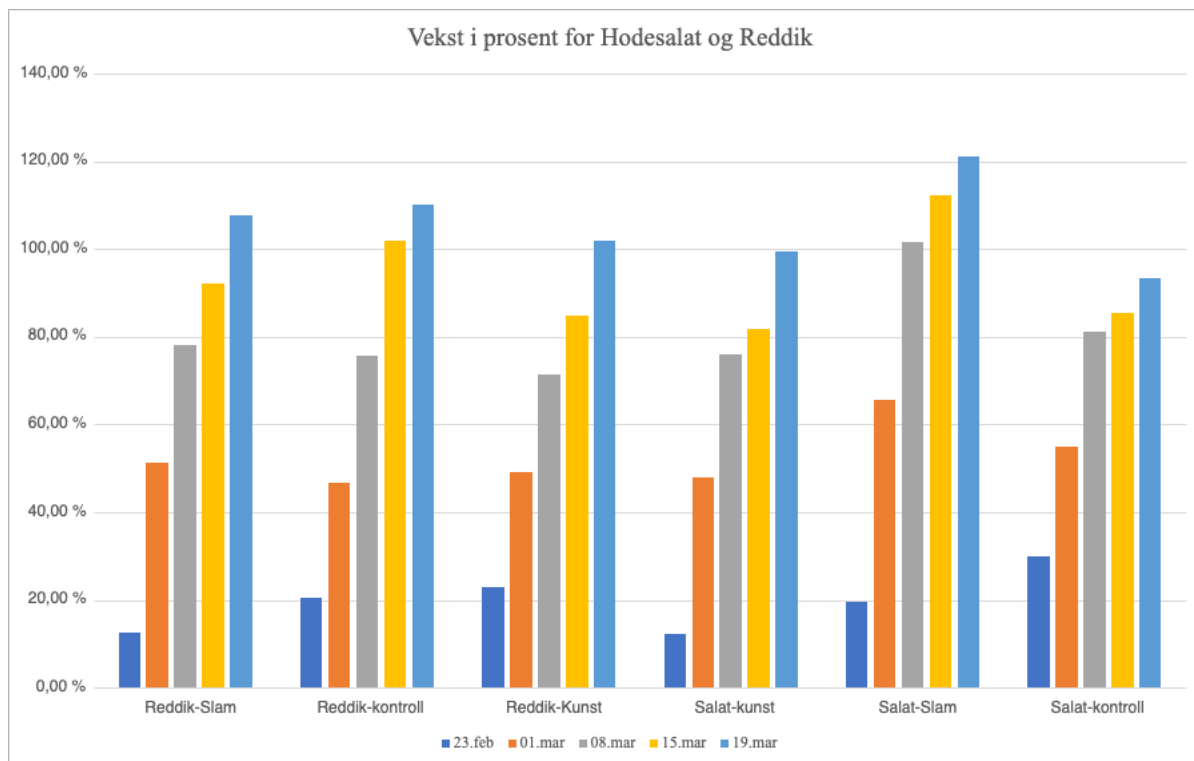
#### 4.2.3 Vekstrate for begge forsøksarter

Gjødselvariablene innad i de to plantearterne har tilnærmet lik vekstrate (Figur 14). Hos reddiken hadde plantene gjødslet med fiskeslam høyest sluttresultat. Kontrollplanten for reddik hadde en avtagende vekst, i motsetning til fiskeslam og kunstgjødsel som hadde en økende vekst mot slutten. Reddikplantene gjødslet med fiskeslam og kunstgjødsel hadde ikke en avtagende vekst mot slutten. Hos hodesalaten var det kontrollplanten som vokste mest gjennom perioden og fiskeslam og kontrollplanten hadde like tendenser fra 8.april med avtagende vekst.



Figur 14: Viser gjennomsnittlig vekstrate i cm for de gjeldene forsøksdatoene (20.februar - 19.mars), for de tre gjødslingsvariablene (fiskeslam, kunstgjødsel og kontroll) for begge forsøksartene (hodesalat og reddik).

Fra første til siste dag, var det reddik-kontrollplante som viste størst prosentvis økning (Figur 15). Reddik gjødslet med kunstgjødsel viste lavest prosentvis økning fra start til slutten av forsøket. Hodesalaten gjødslet med fiskeslam hadde høyest vekstrate ved alle prøvetidspunktene. Kontrollplanten for hodesalat har de høyeste verdiene i cm, og den samme gruppen har lavest prosentvis økning fra første til siste dag.

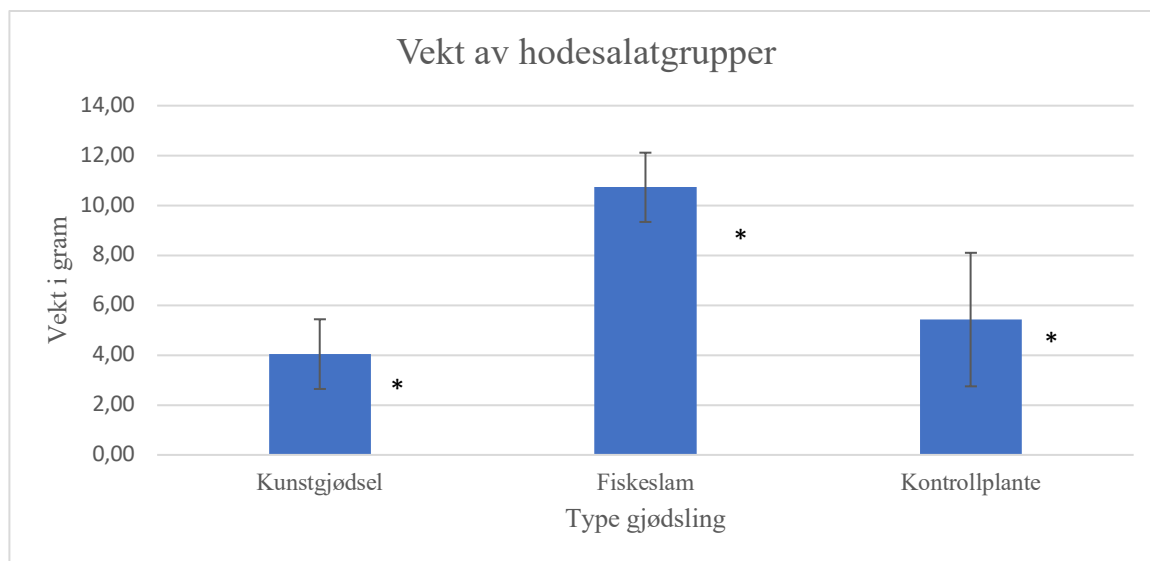


Figur 15: Viser prosentvis vekst av de to planteartene (reddik og hodesalat) over de gjeldende observasjonsdatoene (20. - 23. februar, 1. mars, 8. mars, 15. mars og 19. mars) for de ulike gjødselvariablene: fiskeslam, kunstgjødsel og kontrollplante. Utgangspunktet for den prosentvise økningen for hver målingsdato, er beregnet i forhold til første målte vekst.

## 4.3 Vekt

### 4.3.1 Vekt av hodesalat

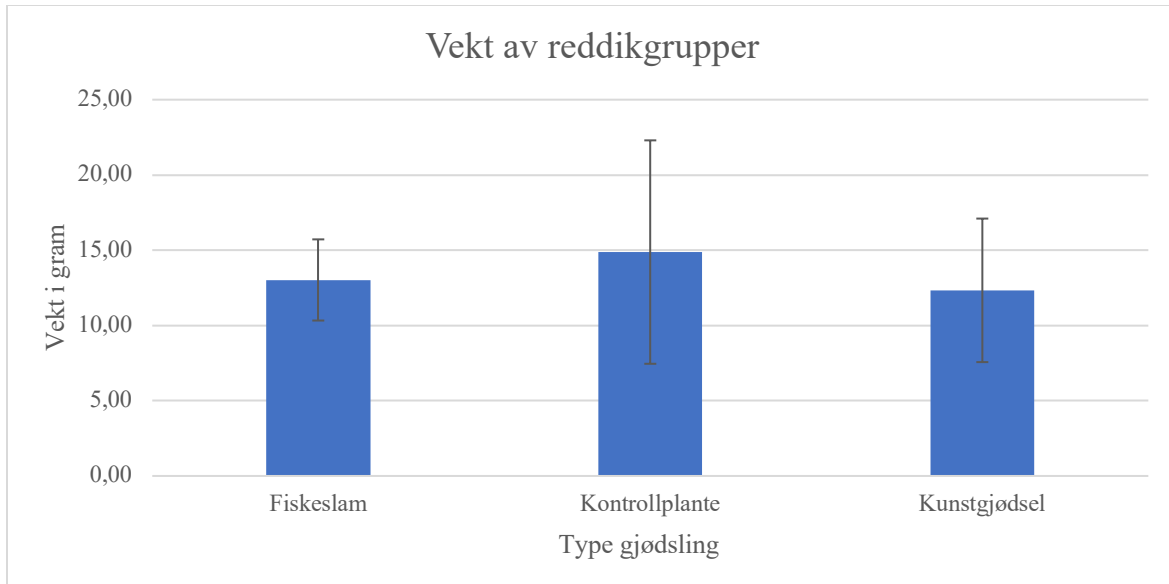
Resultatet fra Tukey HSD viste at fiskeslam hadde en signifikant forskjell fra både kunstgjødsel (6.69) og kontrollgruppen (5.30), hvor de positive verdiene indikerer høyere vekt hos fiskeslamgruppen (Vedlegg 11). Som illustrert i Figur 16, har fiskeslamgruppen den høyeste gjennomsnittlige vekten og overstiger mer enn dobbelt (2,7x) av vekten hos kunstgjødselgruppen (Vedlegg 12). Den største signifikante variasjonen ble også bekreftet til å være mellom kunstgjødsel og fiskeslam, og den største variasjonen innad i plantene ble funnet hos kontrollgruppen. Det var ingen signifikant forskjell mellom kunstgjødsel og kontrollgruppen.



Figur 16: Viser en oversikt over gjennomsnittlig vekt i gram og standardavvik hos hodesalatgruppene (n=4) (Vedlegg 12). \*-viser signifikante forskjeller mellom gjødselvariablene (Vedlegg 11)

#### 4.3.2 Vekt av reddik

For reddik var det kontrollplanten som hadde høyest gjennomsnittlig vekt (14.88 g) i forhold til de to andre variablene (Vedlegg 12). Det ble ikke funnet noen signifikante verdier for vekt variasjon mellom gjødselvariablene (Vedlegg 11). Det var størst variasjon i vekt innad i kontrollgruppen, mens kunstgjødning hadde lavest gjennomsnittlige vekt (12.33 g) (Figur 17).



Figur 17: Oversikt over gjennomsnittlig vekt i gram og standardavvik hos de ulike gruppene hos reddik (n=4) (Vedlegg 12).

## 4.4 Visuelle resultater fra dyrking

### 4.4.1 Hodosalat

Det var mulig å se en tydelig visuell vekst fra første dag til siste dag i forsøket for hodesalat. På siste dagen var fiskeslam (raden i midten) størst og kunstgjødning var minst (raden til venstre).



Figur 18: Gjødslingsdagen for hodesalat, 20. februar (uke 8).



Figur 19: Midten av forsøket, 8. mars (uke 10).



Figur 20: Siste forsøksdag, 19. mars (uke 12).

#### 4.4.2 Reddik

Det er tydelig visuell vekst for reddik generelt fra første dag til siste dag i forsøket. Det er mindre tydelige visuelle forskjeller i vekst blant gjødselvariablene.



Figur 21: Gjødslingsdagen for reddik, 20 februar (uke 8).



Figur 22: Midten av forsøket, 8. mars (uke 10).



Figur 23: Siste forsøksdag, 19. mars (uke 12).

## 4.5 pH-verdier i jord

### 4.5.1 pH for hodesalat

Resultatene fra pH-målingen viser at fiskeslamgruppen hadde den største endringen i pH, med en differanse på 0.24. Kunstgjødselgruppen hadde lavest differanse på 0.04 (Tabell 16).

Tabell 16: Oversikt over pH for hodesalat angitt i gjennomsnitt med standardavvik per plantegruppe. 20. februar er første gjødslingsdag mens 19. mars er siste forsøksdag (n=4) (Vedlegg 9).

Dato	pH Fiskeslam	pH Kunstgjødsel	pH Kontroll
20.02.2024	5.61 ± 0.10	5.63 ± 0.13	5.53 ± 0.16
19.03.2024	5.85 ± 0.25	5.59 ± 0.18	5.62 ± 0.06

#### 4.5.2 pH for reddik

Resultatene fra pH-målingen viser at kontrollplantene hadde en den største endringen i pH, med 0.91 i differanse. Fiskeslamgruppen hadde lavest differanse på 0.57 (Tabell 17).

Tabell 17: Oversikt over pH for reddik angitt i gjennomsnitt med standardavvik per plantegruppe. 20. februar er første gjødslingsdag mens 19. mars er siste forsøksdag (n=4) (Vedlegg 10).

Dato	pH Fiskeslam	pH Kunstgjødsel	pH Kontroll
20.02.2024	6.25 ± 0.20	6.08 ± 0.07	6.39 ± 0.18
19.03.2024	5.68 ± 0.24	5.45 ± 0.23	5.48 ± 0.05

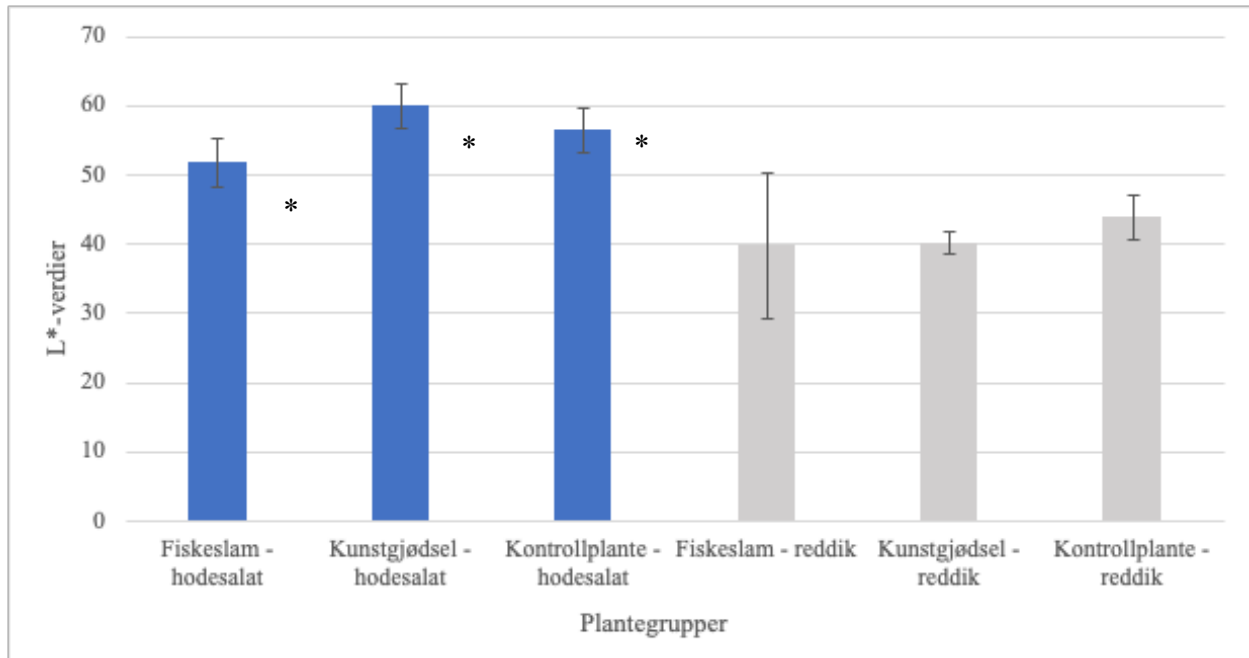
## 4.6 Fargeparametere

Disse verdiene, hentet fra kolorimetri, viser parameterne av L\*-verdier (lyshet), b\*-verdier (gulhet) og a\*-verdier (rødhet) for reddik og hodesalat brukt i dette forsøket. Statistiske signifikante verdier for L\*, b\* og a\* er vist i vedlegg 16 og 17.

### 4.6.1 Lyshet

Den kolorimetrisk analysen viser L\*-verdier hos begge plantearter, og alle tre gjødselvariablene. Alle tre gjødselvariablene innenfor plantegruppen hodesalat hadde signifikante L\* verdier (Figur 24). Av de tre variablene var det fiskeslamgruppen som hadde mørkest resultat blant hodesalaten. Hos reddik var det ingen signifikant verdi, og fiskeslam- og reddikplantene hadde lavest L\*-verdier.

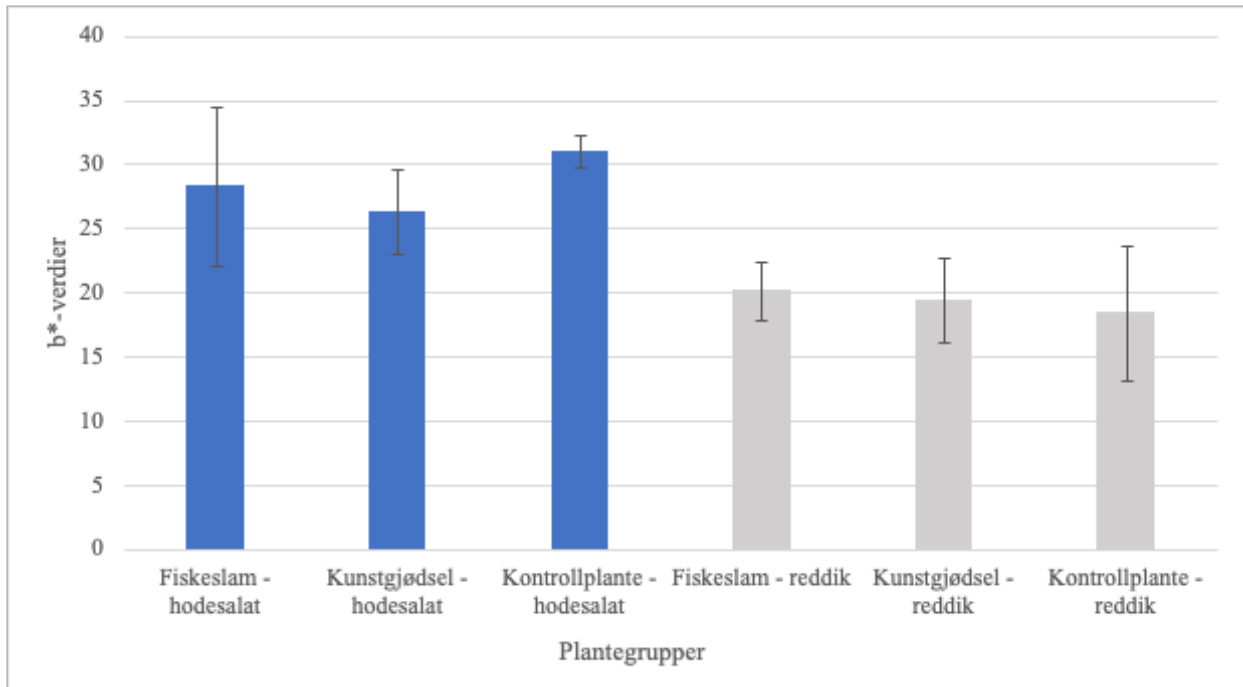




Figur 24: Gjennomsnitt og standardavvik til L\*-verdier (lyshet) hos alle begge forsøksarter (n=8). \*-viser signifikant forskjell mellom prøvene.

#### 4.6.2 Gulhet

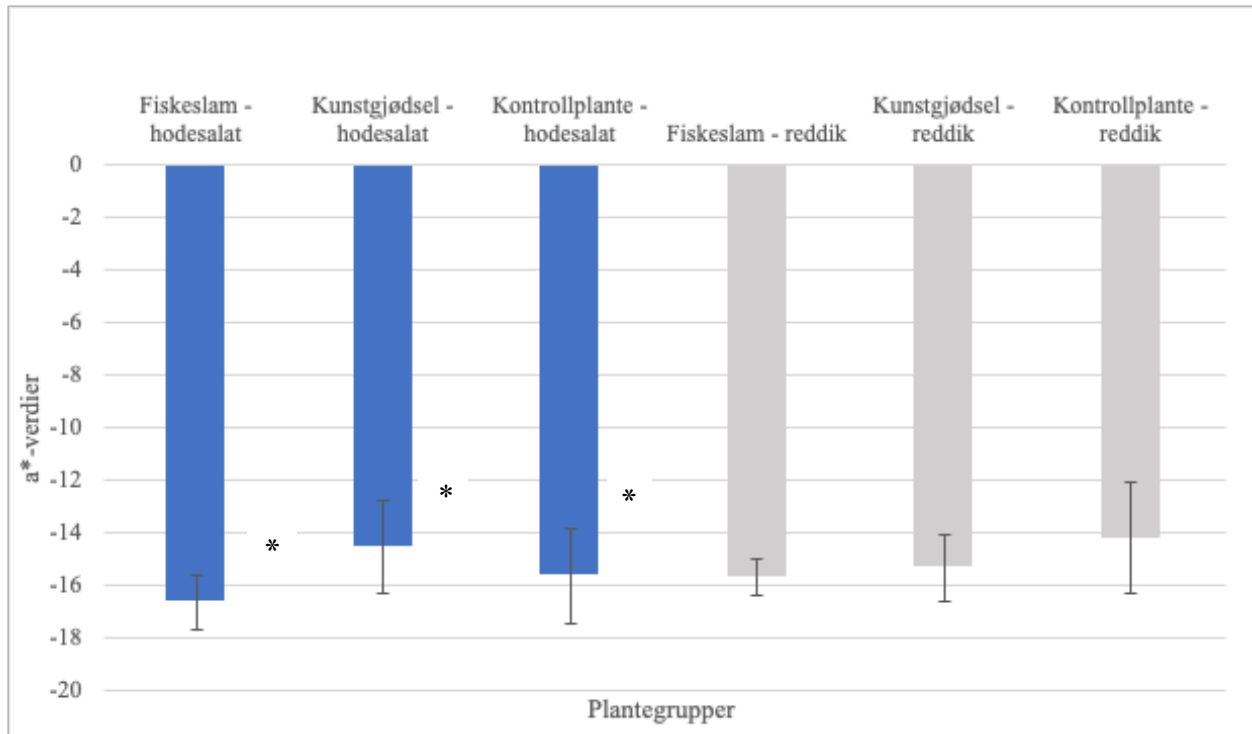
Resultatene viste videre usignifikante b\*-verdier hos begge plantearter, og alle tre gjødselvariablene. De høyeste verdiene indikerer sterkere nyanser av gul i planten. For hodesalatgruppen var det kontrollplantene som viste de høyeste b\*-verdiene (Figur 25). Fiskeslammet hadde den høyeste b\*-verdien hos reddikgruppen, og kontrollplantene hadde de laveste verdiene.



Figur 25: Gjennomsnitt og standardavvik til b\*-verdier (gulhet) til begge forsøksarter (n=8).

#### 4.6.3 Rødhet

Det siste som ble målt var rødhet og her viser analysen at hodesalat dyrket med fiskeslam har den grønneste fargeintensiteten med den laveste a\*-verdien (Figur 26). I motsetning har hodesalat dyrket med kunstgjødsel en mindre intens grønnfarge. Innen hodesalatgruppen var a\*-verdiene signifikante for alle tre gjødselvariabler. Reddikplantene dyrket med fiskeslam har den kraftigste grønnfargen, med en a\*-verdi som er usignifikant høyere enn reddiker dyrket med kunstgjødsel. I kontrollgruppen av reddik ble det observert at plantene hadde den minste graden av grønnfarge.



Figur 26: Gjennomsnitt og standardavvik til a\*-verdier (rødhet) hos alle begge forsøksarter (n=8). \*-viser signifikant forskjell mellom prøvene

#### 4.6.4 Statistiske tester for kolorimetrisk analyse

ANOVA-testen viste signifikant lavere L\*-verdier for hodesalat tilsatt fiskeslam (-8.21), sammenlignet med kunstgjødelse for hodesalat (Vedlegg 18). I tillegg viser fiskeslam en signifikant lavere L\*-verdi (-4.67) sammenlignet med kontroll. a\*-verdien fra analysen viste en signifikant forskjell mellom fiskeslam og kunstgjødelse, der fiskeslam hadde en lavere a\*-verdi (-2.21). For b\*-verdien, ble det ikke funnet signifikante forskjeller.

## 5. Diskusjon

Alt i alt er forsøket godt gjennomført. Forsøket ble satt i gang i vintermånedene, hvor lys og temperatur er en begrensende faktor. Løsningen på dette ble kunstig plantelys fra Plantasjen (Art.nr. 532585) med tidsbrytere (Jula, Anslut IP20) koblet til. Et annet viktig moment var å holde plantene fuktige hele tiden, noe som krevde mange turer inn på skolens laboratorier. I spiringsperioden ble det også benyttet lokk på kassene for å ha høy nok temperatur. Underveis i forsøket ble det oppdaget at forsøksoppsettet skulle bestått av flere plantelys, slik at alle planteradene hadde de samme forutsetningene. Dette kan derfor ha gitt innvirkning på resultatet, og må tas i betraktning.

### 5.1 Kjemiske sammensetninger

#### 5.1.1 Tørket fiskeslam fra Hofseth AS

Det tørkede fiskeslammet hadde en høy TS-prosent (97.50%) (Tabell 11). Lav vannaktivitet i slammet minsker risikoen for sykdomsfremkallende bakterier, noe som er essensielt dersom man skal benytte fiskeslam som gjødsel (Borzym et al., 1992). Innholdet i slammet var spesielt preget av N (24 g/kg TS) og P (19 g/kg TS), noe som kan ses i sammenheng med den kjemiske sammensetningen i slammet fra Mowi (Tabell 3). Hofseth sitt tørkede fiskeslam hadde en høyere konsentrasjon av P i motsetning til Mowi, noe som antyder større andeler av faeces i slammet (Aas, 2021). Hofseth har derimot et lavere innhold av N, noe som også kan antyde at de har mindre fôrspill i slammet. Dette er ikke en fordel dersom man skal bruke slammet som gjødsel, da fôrspill reduserer konsentrasjonen av tungmetaller, og øker innholdet av N. Det er kjent at den kjemiske sammensetningen i fiskeslam kan variere, noe som også blir bekreftet i dette forsøket (Eltervåg, 2018). Det tørkede fiskeslammet fra Hofseth inneholdt 2.70 g/kg TS med K, noe som er viktig for vannopptak, fotosyntese, sykdommer med mer (Østmoe, 2018) (Tabell 11). Ved mangel på K kan man få gråhvite, krøllete og slappe blad – men dette ble ikke observert under forsøket, og det kan derfor tenkes at innholdet av K var tilstrekkelig for de to forsøksartene. Det tørkede fiskeslammet virker derfor å ha et tilstrekkelig innhold av N-P-K, sett i sammenheng

med undersøkelsen av fiskeslammet til Mowi og observasjoner gjennom plantedyrkingen (Eltervåg, 2018).

Slammet inneholder tungmetallene Cd (0.81 mg/kg TS) og Zn (500 mg/kg TS) (Tabell 11). Nivåene var derimot innenfor maksimumsgrenser for tillatt innhold av tungmetaller i gjødsel (Vedlegg 3). Dette er positivt for å kunne vurdere bruken av det tørkede fiskeslammet som gjødsel, siden det er et stort fokus på tungmetaller sine negative påkjenninger i miljøet (Gulden, 2023). Det tørkede fiskeslammet fra Hofseth inneholdt en lav til moderat mengde av Cd og Zn, og vil derfor kunne bli plassert mellom kvalitetsklasse I og II (Vedlegg 3). Med grunnlag i denne forskriften vil det tørkede fiskeslammet kunne benyttes på jordbruksarealer, private hager og parker - noe som betyr at det tørkede fiskeslammet kan brukes som gjødsel.

Slammet inneholdt også lave andeler av salt (1.30 g/100g), noe som er essensielt ved plantedyrking (Tabell 11). Dersom planter har store mengder salt tilgjengelig vil dette senke veksten, men dette ble ikke observert under forsøket, som sett i avsnitt 4.2.3 (Tajet, 2021). Innholdet av salt har derfor vært så lite at det ikke har gitt noen påvirkning på forsøket, noe som også er aktuelt for å kunne vurdere bruken av fiskeslam som gjødsel.

### *5.1.2 Hodesalat*

Hodesalaten som ble gjødslet med fiskeslam viste å ha både bedre visuelle og målte resultater sammenlignet med de andre prøvene (Vedlegg 8). Den kjemiske analysen av næringsstoffene hos disse plantene hadde også de høyeste nivåene av N-P-K (0.24% - 0.05% - 0.72%). (Tabell 12). Ved forsøkets start ble gjødselforholdet justert for fiskeslam og kunstgjødsel basert på N-innholdet for å oppnå et tilnærmet likt utgangspunkt for begge prøvesettene. Dette førte til ulike konsentrasjoner av andre næringsstoffer, blant annet lavere konsentrasjon av K i fiskeslammet, sammenlignet med kunstgjødsel. Prøveresultatene viser likevel høyere nivåer av både N og K hos plantene gjødslet med fiskeslammet.

K setter i gang N-metabolismen hos planter, og vil derfor være betydelig for N som akkumuleres hos planten (X. Xu et al., 2020). Basert på tidligere forskning kan en mulig forklaring være at K og andre næringsstoffer tilsatt gjennom organisk gjødsel, vil ligge tilgjengelig i jorden lengere og

dermed kontinuerlig bidra til å stimulere N-metabolismen (Assefa & Taddese, 2019). Som nevnt er N fra organisk gjødsel det viktigste næringsstoffet for vekst og legger til rette for generell mikrobiell vekst i jorden. Det kan forklare hvorfor det generelt var høyere nivåer av næringsstoffer hos disse plantene. En begrensning i forsøksdesignet er mangelen av kjemiske analyser av jordprøver ved slutten av forsøket. Det ville vært nyttig å ha kjennskap til jordens næringsinnhold for å vurdere om næringsstoffene fra organisk gjødsel ble lagret lengre i jorden, og dermed fremmet vekst og utvikling av sterkere grønnfarge.

Resultatene fra hodesalatprøvene indikerer også en høyere konsentrasjon av P (0.01%) hos plantene gjødslet med fiskeslam sammenlignet med de som ble gjødslet med kunstgjødsel og kontrollplantene (Tabell 12). Selv om forskjellen er liten, antyder dette at fiskeslam kan være en effektiv kilde til P for plantene. Dette skyldes nok det naturlig høye nivået av P i tørket fiskeslam. Som nevnt er P et viktig næringsstoff for planter, men er ofte knyttet til avrenninger i vassdrag. På bakgrunn av dette forsøket kan fiskeslam erstatte kunstig P-gjødsel, og bidra til å redusere avrenning.

Kontrollplantene som ikke ble tilsatt noe gjødsel, viser nivåer av N-P-K som er høyere enn kunstgjødsel (Tabell 12). Det var forventet at plantene uten tilsatt næring skulle ha de laveste N-P-K verdiene ved forsøkets slutt. En mulig forklaring kan være at jorden som ble benyttet var såjord med allerede tilsatte næringsstoffer, noe som kan ha bidratt til næringsopptaket (Avsnitt 3.2). Dette indikerer videre at kunstgjødselet muligens hadde en negativ innvirkning på veksten av hodesalaten, og at planten kanskje ikke trives godt i nærvær av kunstgjødsel.

Videre viste analysen lave nivåer av salt (<0.08%) for alle plantene innen de tre gjødselvariablene (Tabell 12). Dette bekrefter for denne prøven at det lave saltinnholdet (13 g/100g) i slamprøven ikke ble absorbert i betydelige mengder til planten. Saltinnholdet kan variere i fiskeslam fra settefiskanlegg, men dersom dette anses som en representativ prøve er det tilnærmende å anta at saltet ikke vil påvirke næringsinnholdet i plantene negativt.

### 5.1.3 Reddik

I dette forsøket ble hele reddikplanter (frukt og bladtopper) inkludert i den kjemiske analysen. Dette ble bestemt på grunnlag av den lave biomassevekten, som skyldes den begrensede mengden som ble dyrket (minimal plass hos skolens laboratorier). Det ble dermed undersøkt om hele planten akkumulerte mineraler fra det tørkede fiskeslammet.

Resultatene fra den kjemiske analysen viste tilnærmet like konsentrasjoner av N og P på tvers av alle gjødselvariablene (Tabell 13). N-innholdet var målt til lavest forekomst med 0.36% for fiskeslam, og 0.39% som den høyeste verdien hos kunstgjødsel. P ble målt til 0.06% i alle prøver. Dette kan indikere at verken fiskeslam eller kunstgjødsel har hatt noen påvirkning på reddikplantenes næringsopptak. Forskjellene var i midlertidig større for innholdet av K, der fiskeslam og kunstgjødsel viste høyere verdier (0.73%, 0.74%) sammenlignet med kontrollplantene (0.69%). Dette representerer en variasjon med 5% økning for kunstgjødsel og kontrollplantene. Tidligere forskning viser til at både utilstrekkelige og for høye nivåer av K kan påvirke plantenes vekst og rotutvikling negativt (X. Xu et al., 2020). Innholdet av K i reddik ligger som regel på 0.25% (FRUKT.no, u.å.). Reddiken i forsøket har akkumulert mer K (0.74%), men det trengs derimot mer forskning for å undersøke årsaken til dette. På grunn av usikkerhet knyttet til effekten av fiskeslam anbefales det videre forskning.

I tillegg ble det observert lave saltkonsentrasjoner ( $<0.08$ ) på tvers av alle gjødselvariablene (Tabell 13). Gitt de minimale mengdene, er det liten sannsynlighet at disse nivåene har påvirket planteveksten negativt. Dette styrker først antatt teori om at salt fra tørket fiskeslam har lite påvirkning for plantevekst.

## 5.2 Fargeparametere og visuelle observasjoner

### 5.2.1 Hodosalat

I dette forsøket ble det undersøkt hvordan gjødselvariablene påvirker vekst og farge hos hodesalatplanter. Fargeintensitet ble målt i L\*-, a\*- og b\*-verdier for å vurdere fargene i bladene. Som nevnt kan næringsstoffer i plantene ha en sammenheng med fargene som observeres hos

planter. N i kombinasjon med tilstrekkelig lys og flere andre viktige næringsstoffer danner klorofyll hos planter (X. Xu et al., 2020). Mangel på N vil dermed påvirke a\*-verdiene hos plantene. Hodesalaten gjødslet med fiskeslam hadde det høyeste N-nivået (0.24%), noe som samsvarer godt med de laveste gjennomsnittlige a\*-verdiene (-16,62) (Vedlegg 15). Det var også visuelt tydelig at disse bladene var grønnere, bredere og sprøere. a\*-verdiene for alle tre gjødselvariablene var signifikante, og fiskeslamprøven skilte seg fra kunstgjødsel (differanse = -2.20) (Vedlegg 18). Dette stemmer videre godt med både kontrollplantene, med nest høyest nivå av N og kunstgjødsel med lavest nivå. K fungerer som en viktig aktivator for blant annet fotosyntesen, og mangel vil kunne redusere grønnfargen over tid (X. Xu et al., 2020). Den kjemiske analysen viste at fiskeslamprøven hadde tilstrekkelig med K, og kan derfor ha bidratt til en sterkere farge. Hodesalaten gjødslet med fiskeslam sto direkte under plantelyset på laboratoriet, noe som kan ha betydning for høyere klorofyllproduksjon og fotosyntese. Ved en senere anledning anbefales det å enten flytte plantelyset jevnlig eller sørge for at alle plantene får nok lys gjennom hele forsøket.

L\*-verdiene viste seg å være signifikante i dette forsøket. Hodesalaten med fiskeslam har de laveste verdiene av lyshet og henger dermed sammen med både høye N og K- nivåer. Den største signifikante forskjellen (-8.21) viste seg å være mellom fiskeslam og kunstgjødsel. Det kommer også tydelig frem at de signifikante L\*-verdiene for kunstgjødsel viser seg å være de høyeste, da fargen er svakest hos disse. Ved de visuelle observasjonene var det også mulig å se at kunstgjødselvariabelen hadde lysest farge (Vedlegg 8).

Tidligere forskning viser til at N og K mangel over tid kan observeres ved økte nivåer av gule piksler i bladene (G. Xu et al., 2011). Våre observasjoner viste ingen signifikante verdier for b\*, og det ville vært nødvendig å undersøke utviklingen av gulfargen over en lengre periode for å kartlegge N- og K-mangel i bladene. De visuelle observasjonene viser generelt færre og smalere blader hos kunstgjødsel og kontrollplantene. Bladene var synlig slappere og mindre robuste ved berøring. Hodesalat gjødslet med fiskeslam kom best ut både ved visuelle og analytiske observasjoner.



### 5.2.2 Reddik

Resultatene for reddik viste visuell vekst for alle gjødselvariablene gjennom forsøksperioden, men det var mindre merkbar forskjell i veksten mellom gjødselvariablene enn forventet (Vedlegg 8). Dette kan indikere at gjødselens effekt på plantene ikke fungerte etter forventning, eller at andre miljøfaktorer eller variabler kan ha påvirket resultatene.

Den kolorimetrisk analysen for L\*-verdier viste lite variasjon mellom de ulike gjødselvariablene, og viste usignifikante effekter på bladpigmenteringen (Vedlegg 17). Mangel på signifikante verdier gjør at man ikke kan vurdere effekten av næringsinnholdet på fargeintensiteten til blader ved hjelp av kolorimetri.

Det var heller ingen signifikant forskjell hos b\*-verdiene mellom gjødselvariablene. Dersom sammenhengen mellom næringsinnhold og gulhet stemmer, burde planten med lavest b\*-verdier også hatt lavest N og K-verdier. Basert på én av våre hypoteser tilknyttet den kjemiske sammensetningen av reddik, blir det mer tydelig at b\*-verdiene har lite sammenheng med næringsinnholdet (Vedlegg 1). De negative a\*-verdiene i bladene (grønn farge), viste små variasjoner og ingen signifikant forskjell mellom behandlingene. Dette antyder også her at gjødsel ikke hadde noen merkbar effekt på fargen. Samlet sett tyder resultatene på at ingen av gjødselvariantene signifikant forbedret vekst eller næringsstatus i reddikplantene under de gitte forholdene.

## 5.3 Vekst (høyde og vekt)

Ved slutten av forsøket var det kontrollplantene for hodesalat som målte lengste plante fra jorden til tuppen på bladet, med et snitt på 15.3 cm (Vedlegg 8). Kunstgjødsel hadde de korteste plantene med et snitt på 14.69 cm. Hodesalat hadde en ganske lik høyde med et gjennomsnitt på ca. 15 cm for alle gjødselvariablene. Hodesalat gjødslet med fiskeslam hadde høyest prosentvis økning fra start til slutt med 121%, en differanse på 21% og 27.66% fra kunstgjødsel og kontrollgruppen (Vedlegg 6). Det vises godt på de visuelle bildene av hodesalaten at raden i midten, som er gjødslet med fiskeslam, tydelig har hatt en større vekst i både bredde og mengde.

Årsaken til at høyden kan være lik hos alle gruppene er at salatbladene ofte vokser seg til en viss høyde før det formes flere og bredere blader (Bama, u.å.-a). Hodesalaten gjødslet med fiskeslam har en gjennomsnittlig vekt på 10.73 g, 2.70 ganger så mye som resterende grupper (Vedlegg 12). Resultatene fra ANOVA-testen av vektverdiene bekrefter at det kun var en signifikant forskjell mellom fiskeslam og de to andre gjødselvariablene (Vedlegg 11). Høyde og vekt kombinert viser bedre resultater hos hodesalat gjødslet med fiskeslam, noe som også støttes av resultatene fra kjemiske- og kolorimetrisk analyser. Det er derfor nærliggende å tro at fiskeslammet har vært en avgjørende faktor for vekst hos hodesalat.

Ved siste måling av plantenes høyde viste reddiken gjødslet med fiskeslam 21.03 cm på målestokken, og er dermed den høyeste av gjødselvariablene (Vedlegg 8). Kontrollplanten målte inn det laveste gjennomsnittet 19.83 cm, til tross for å ha veid mest med 14.88 g i gjennomsnitt (Vedlegg 12). Dette kan begrunnes med at kontrollplantene og reddiken tilsatt fiskeslam var de som hadde størst forekomst av frukt (Vedlegg 13). Kontrollgruppen hadde størst prosentvis økning i høyde på 110.29% fra første til siste dag, en differanse på 8.33% og 2.69% i forhold til kunstgjødsel og fiskeslam (Figur 15). Når planter får mye bladverk, kan dette indikere for høyt innhold av N i jorden (Universitetet i Oslo, 2021a). At det ble lite frukter på alle plantene kan også skyldes for mye kunstig lys og varme gjennom forsøket (Bokashi Norge, u.å.). Mangelen på signifikante verdier fra vekt, og lite variasjon i høyde på tvers av gjødselvariablene, gjør det vanskelig å fastslå om gjødsling hadde noe effekt på veksten hos reddik. Det blir videre støttet av ingen signifikante forskjeller fra kolorimetrisk analyse, og tilnærmet like verdier i kjemisk analyse.

## 5.4 pH

For hodesalat viste fiskeslamgruppen en pH-verdi på 5.61 og 5.85 ved start og slutt (Vedlegg 9). Dette er den største endringen i pH med en økning på 0.24. Kontrollgruppen hadde også en økning i pH, med en differanse på 0.09, mens kunstgjødsel hadde en reduksjon på 0.04. Tilgjengeligheten av næringsstoffer er delvis styrt av pH, og vekstmediet for hodesalat bør ha en pH mellom 6.50 og 7 (Sønju, 1983). Den målte pH-en er lavere enn hva som er anbefalt for hodesalat, selv ved starten av forsøket. Det var en tanke fra start at fiskeslam vil føre til endring i

pH, men dette er vanskelig å bekrefte da resultatene fra forsøket viser små forskjeller. Det må også tas i betraktning at pH-meteret er veldig sensitivt, med tanke på at det kan ha festet seg en jordklump i nærheten av måleenheten. Fiskeslamgruppen for hodesalat hadde størst vekst som tidligere diskutert. Dersom man antar at denne variabelen hadde høyest pH gjennom hele forsøket, vil det også bety at næringsstoffene har vært mer tilgjengelige for planten. pH kan derfor trolig ha vært med på å gi bedre vekst hos denne variabelen kontra de andre.

Hos reddik hadde alle gjødselvariabler en reduksjon i pH fra start til slutt. Kontrollgruppen hadde den største endringen i pH, med 6.39 ved start og 5.48 ved slutt (0.91 i differanse) (Vedlegg 10). Fiskeslamgruppen hadde lavest differanse på 0.57, mens kunstgjødsel hadde en differanse på 0.63. Optimal pH for reddik ligger mellom 6 og 7, men man bør helst holde seg i det øvre sjiktet for å unngå klumprot (svulster på røtter) (Gibalova, 2017). Hva som forårsaket endringen i pH hos kunstgjødsel kan muligens være bruken av mineralgjødsel, da dette kan senke pH-verdien i jorden (Bjørnå, 2023). Bruk av organisk materiale som gjødsel kan gi en buffer til jorda mot nedgang i pH, noe som kan stemme overens med resultatene fra forsøket da fiskeslamgruppen hadde høyest pH av de tre variablene (Vedlegg 10) (Assefa & Taddese, 2019). Det var ikke først antatt at kontrollgruppen skulle ha den største endringen i pH, da det ikke ble tilsatt gjødsel i denne variabelen. Det er likevel en mulighet for at pH-en har blitt redusert på grunn av blomstringen, da røttene produserer sekreter som kan få jordens pH til å synke (CANNA Norge, 2007). Det kan tenkes at pH-verdien hos reddik har vært for lav gjennom forsøket, noe som fører til at eventuelle næringsstoffer ikke har vært tilgjengelig nok. Dette kan også være en medvirkende faktor til at plantene ikke har klart å spire frem gode frukter.

## 6. Konklusjon

Forsøket har vurdert virkningen av tørket fiskeslam sammenlignet med kunstgjødsel og kontrollplantene, på både plantevekst og næringsinnhold. Forsøket bekrefter  $H_1$ , som påstår at tørket slam fra settefiskanlegg fremmer plantevekst og skaper gunstige levevilkår for hodesalatplantene. Dette kan ikke bekreftes for reddikplantene, da det ikke var tilstrekkelig med

signifikante verdier til å verifisere eller avkrefte hypotesen. Det ble ikke funnet støtte for alternativ hypotese ( $H_0$ ), som antydte at slam ville hemme plantenes vekst og skape dårlige levevilkår. Dette gjelder både for hodesalat og reddikplanten.

Hypotese 2 påstår at bruk av tørket fiskeslam resulterer i et høyere næringsinnhold sammenlignet med kunstgjødsel og kontrollplantene. Resultatene for hodesalat støtter Hypotese 2 ( $H_2$ ), som påstår at organisk gjødsel ville overgå kunstgjødsel i å forbedre næringsinnholdet.

Reddikplantene viste tilnærmet like verdier for næringsinnhold innad i gjødselvariablene. Reddik viste heller ikke signifikante data som direkte støtter hypotesene. Dette resultatet antyder at reddikplantene tolererer fiskeslam, men videre forskning med annen behandling av reddik er viktig. Dette kan gi ytterligere innsikt i optimal bruk av fiskeslam for plantevekst.

Dette forsøket har potensielle positive ringvirkninger. Det kan bidra til framgang innen fagfeltet ved å vise verdien tørket fiskeslam har som et bærekraftig alternativ til kunstgjødsel. Dette har positiv verdi for både miljøet og landbrukssektoren ved å øke ressursutnyttelse og fremme bærekraftig produksjon.

## 7. Referanseliste

- Apeland, J. (1982). Reddik. 26. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2597682>
- Artec Aqua. (u.å.). *Artec Aqua—Flowthrough System™ – FTS*. Hentet 22. februar 2024, fra <https://www.artec-aqua.no/teknologier/artec-aqua-flowthrough-system>
- Assefa, S., & Taddese, S. (2019). The Principal Role of Organic Fertilizer on Soil Properties and Agricultural Productivity -A Review. I *Agricultural Research & Technology: Open Access Journal* (Bd. 22). <https://doi.org/10.19080/ARTOAJ.2019.22.556192>
- Bama. (u.å.-a). *Hodesalat*. Bama. Hentet 29. februar 2024, fra <https://www.bama.no/ravarer/salater/hodesalat/>
- Bama. (u.å.-b). *Reddik*. Bama. Hentet 29. februar 2024, fra <https://www.bama.no/ravarer/gronnsaker/rotgronnsaker/reddik/>
- Berge, A. (2022, mars 2). Nytt pilotprosekt kan kutte energiforbruk for tørking av fiskeslam med over 70 prosent. *iLaks*. <https://ilaks.no/nytt-pilotprosekt-kan-kutte-energiforbruk-for-torking-av-fiskeslam-med-over-70-prosent/>
- Bergheim, A., & Brinker, A. (2003). Effluent treatment for flow through systems and European Environmental Regulations. *Aquacultural Engineering*, 27(1), 61–77. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(02\)00041-9](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(02)00041-9)
- Bjørnå, F. (2023). Kalking av jord. I *Store norske leksikon*. [https://snl.no/kalking\\_av\\_jord](https://snl.no/kalking_av_jord)
- Bokashi Norge. (u.å.). *Dyrk med bokashi: Reddik - bokashinorge.no*. Hentet 4. mai 2024, fra <https://www.bokashinorge.no/blogg/dyrk-med-bokashi/dyrk-med-bokashi-reddik>

- Bondekompaniet. (u.å.). *Gjødsel i hagen* | *BondeKompaniet*. Hentet 8. mai 2024, fra <https://bondekompaniet.no/side/artikler/gjodsel-i-hagen>
- Borzym, L., Englund, G., Paulsrud, B., & Stene-Johansen, S. (1992). Upgrading of wastewater treatment plants in Poland. Phase I. I *61*. Norsk institutt for vannforskning. <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/207197>
- Broch, O. J., & Ellingsen, I. (2020, mars 31). *Kunnskaps- og erfaringskartlegging om effekter av og muligheter for utnyttelse av utslipp av organisk materiale og næringsalter fra havbruk*. FHF.no. <http://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901572>
- Brod, E., & Kristoffersen, A. (2017, oktober 23). *Biorest*. Nibio. <https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/biorest>
- Brod, E., Oppen, J., Kristoffersen, A. Ø., Haraldsen, T. K., & Krogstad, T. (2017). Drying or anaerobic digestion of fish sludge: Nitrogen fertilisation effects and logistics. *Ambio*, *46*(8), 852–864. <https://doi.org/10.1007/s13280-017-0927-5>
- Brod, E., & Øgaard Falk, A. (2021, november 2). *Fiskeslam*. Nibio. <https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/fiskeslam>
- Brodin, J. K. (2020, april 25). *Salatplanter som dyrkes i vann tåler stress dårligere*. <https://www.forskning.no/landbruk-mat-nmbu-norges-miljo-og-biovitenskapelige-universitet/salatplanter-som-dyrkes-i-vann-taler-stress-darligere/1670620>
- Cabell, J., Brod, E., Ellingsen, J., Løes, A.-K., Standal, I. B., Tordnes, B., & Vigestad, H. (2019). Bruk av tørket slam fra settefiskanlegg som gjødsel i norsk landbruk. I *64*. NIBIO. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2630914>
- CANNA Norge. (2007). *Alt om EC og pH med AQUA* | *CANNA Norge*. <https://www.canna-no.com/articles/alt-om-ec-og-ph-med-aqua>

- Eltervåg, T. F. (2018). *Utnyttelse av fiskeslam fra oppdrettsnæringen i agronomisk planteproduksjon* [Master thesis, Norwegian University of Life Sciences, Ås].  
<https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2565382>
- Endr. I forskrift om gjødselvarer mv. Av organisk opphav. (2019, januar 30).  
<https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2019-01-30-58>
- Environmental Protection Agency, U. S. (2024, januar 3). *The Effects: Dead Zones and Harmful Algal Blooms* | US EPA. <https://www.epa.gov/nutrientpollution/effects-dead-zones-and-harmful-algal-blooms>
- Fiskeridirektoratet. (u.å.). *Settefisk*. Fiskeridirektoratet. Hentet 22. februar 2024, fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Kommersielle-tillatelser/Laks-oerret-og-regnbueoerret/Settefisk>
- Fiskeridirektoratet. (2023, oktober 12). *Akvakulturstatistikk: Settefiskproduksjon av laks, regnbueørret og ørret*. Fiskeridirektoratet. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Laks-regnbueoerret-og-oerret/Settefiskproduksjon>
- Fn. (2023a, juni 28). *Bærekraftig utvikling* [Nettside]. Fn.no. <https://fn.no/tema/baerekraftig-utvikling-fattigdom-og-befolkning/baerekraftig-utvikling>
- Fn. (2023b, juli 7). *FNs naturavtale*. <https://fn.no/avtaler/miljoe-og-klime/fns-naturavtale>
- Forskrift om organisk gjødsel*. (2008, januar 1). <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951>
- Forurensningsforskriften*. (2022, februar 8). <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931>
- Framo. (u.å.). *Framo LiftUP Slamsystem*. Framo. Hentet 28. februar 2024, fra <https://www.framo.com/aquaculture/liftup/>

- FRUKT.no. (u.å.). *Reddik*. OFG. Hentet 4. mai 2024, fra <https://www.frukt.no/ravarer/gronnsaker/reddik/>
- Gibalova, A. (2017, oktober 13). *Reddik @ Agropub*. Agropub. <https://www.agropub.no/fagartikler/reddik>
- GLØR. (2022, februar 8). *GLØRs biogass av matavfall*. <https://glor.no/aktuelt/3861/gl%C3%B8rs-biogass-av-matavfall>
- Gulden, P. 08 05 2023 A. K. T. (2023, mai 8). *Har kartlagt organiske miljøgifter i fiskeslam*. Nibio. <https://www.nibio.no/nyheter/har-kartlagt-organiske-miljogifter-i-fiskeslam>
- Hagedlede.no. (u.å.). *Hodesalat «Kral Máje I» | Hagedlede.no | Nettbutikken for den hageglade*. Hagedlede.no. Hentet 22. februar 2024, fra <https://hagedlede.no/produkt/hodesalat-kral-maje-i/>
- Hagefriken. (2023, januar 9). *Dyrke Reddik*. <https://hagefrik.no/dyrke-reddik/>
- Helseth, L. E. (2023). Polyakrylamid. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/polyakrylamid>
- Hjelmstad, R. (2017, mars 20). *REDDIK - Raphanus sativus*. Urtekilden. [https://www.rolv.no/urtemedisin/medisinplanter/raph\\_sat.htm](https://www.rolv.no/urtemedisin/medisinplanter/raph_sat.htm)
- Høie, H., Gundersen, G. I., & Snellingen Bye, A. (2012, desember 17). *Gjødsel: Ressurs - men miljøproblem*. ssb.no. <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/gjodsel-ressurs-men-miljoproblem>
- Joner, E. J., Rasse, D., & Budai, A. (2017, oktober 23). *Biokull*. Nibio. <https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/biokull>
- Kvalbein, A., & Eldhuset, T. D. (2017). Optimal gjødsling av planter. Om sammenhenger mellom næringstilgang, vekst og kvalitet. I 22 [Report]. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2457376>



- Landbruksdirektoratet, P. 26 06 2021 S. (2024, april 24). *Forslag til nytt gjødselregelverk*.  
Landbruksdirektoratet. <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/jordbruk/miljo-og-klima/husdyrgjodsel-og-gjodsling/forslag-til-nytt-gjodselregelverk>
- Lenz, G. L., Loss, A., Lourenzi, C. R., Luiz de Alcantara Lopes, D., Siebeneichler, L. de M., & Brunetto, G. (2021). Lettuce growth in aquaponic system and in soil fertilized with fish sludge. *Aquaculture Research*, 52(10), 5008–5021. <https://doi.org/10.1111/are.15372>
- Lindqvist, I. M. S. (2023). *Pyrolyse i avløpshåndtering og utvinning av biokull* [Master thesis, University of Agder]. <https://uia.brage.unit.no/uia-xmlui/handle/11250/3078339>
- Lovdata. (2023, oktober 2). *Forskrift om gjødselvarer mv. Av organisk opphav—Lovdata*.  
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951>
- Mattilsynet. (2023, november 3). *Bruk av fiskeslam i gjødselvarer* | Mattilsynet.  
<https://www.mattilsynet.no/planter-og-dyrking/gjodsel-jord-og-dyrkingsmedier/bruk-av-fiskeslam-i-gjodselvarer#kap-2-gjodselvarene-skal-overholde-grenseverdiene-for-tungmetall>
- Miljødepartementet, K. (2021, oktober 22). *Det grønne skiftet* [Redaksjonellartikkel].  
Regjeringen.no; regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/det-gronne-skiftet/id2879075/>
- Mogan, S. (2020, mars 4). *Salat*. Agropub. <https://www.agropub.no/fagartikler/salat>
- Naturvernforbundet. (2020, februar 24). *Oppdrett*. Naturvernforbundet.  
<https://naturvernforbundet.no/laer-mer/hav-og-strand/oppdrett/>
- Ndla.no. (2020, mai 20). *Næringskjeder, næringsnett og stoffkretsløp—Naturfag (NA)—NDLA*.  
ndla.no. <https://ndla.no/nb/subject:1:f2e831f5-2365-4ac8-bfce-4fc38323d91b/topic:1:aa019f6a-a569-4491-b0d2-c8d2df21733f/resource:1:176567>

- Nygård, A. E. D. (2023, september 13). *Tilsyn etter DN-avsløring om settefiskanlegg*.  
IntraFish.No | De Siste Nyhetene Om Oppdrettsnæringen.  
<https://www.intrafish.no/miljo/tilsyn-etter-dn-avsloring-om-settefiskanlegg/2-1-1517503>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2021, oktober 11). *Norsk havbruksnæring*  
[Redaksjonellartikkel]. Regjeringen.no; regjeringen.no.  
<https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/fiskeri-og-havbruk/1/oppdrettslaksen/Norsk-havbruksnaring/id754210/>
- Pedersen, B. (2023a). Pyrolyse. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/pyrolyse>
- Pedersen, B. (2023b). Suspensjon – kjemi. I *Store norske leksikon*. [https://snl.no/suspensjon\\_-\\_kjemi](https://snl.no/suspensjon_-_kjemi)
- Rantaniitty, C. J., & Skaar, R. O. (2019). *Fiskeslam: Fra avfall til ressurs* [Bachelor thesis, Høgskolen på Vestlandet]. <https://hvlopen.brage.unit.no/hvlopen-xmlui/handle/11250/2603037>
- Rodriguez, C. (2012). *Effekt av lyskvalitet på vekst og innholdsstoffer i salat* [Master thesis, Norwegian University of Life Sciences, Ås]. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/189476>
- Rosten, T. W., Azrague, K., & Toldnes, B. (2013). Primærrensing og aktuelle løsninger for slambehandling i norske settefiskanlegg. I 129. SINTEF rapport.  
<https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2684929>
- Scarlat, N., Dallemand, J.-F., & Fahl, F. (2018). Biogas: Developments and perspectives in Europe. *Renewable Energy*, 129, 457–472. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.006>

- Schancke, E. A., & Paulsrud, B. (1976). Stabilisering av kommunalt slam. (PRA 10 Brukerrapport). I 32. Norsk institutt for vannforskning. <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/201750>
- Silva, M. S., Kröckel, S., Jesu Prabhu, P. A., Koppe, W., Ørnstrud, R., Waagbø, R., Araujo, P., & Amlund, H. (2019). Apparent availability of zinc, selenium and manganese as inorganic metal salts or organic forms in plant-based diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 503, 562–570. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.01.005>
- Skagen, O. (2021). Det grønne skiftet. *Praktisk økonomi & finans*, 37(1), 48–62. <https://doi.org/10.18261/issn.1504-2871-2021-01-06>
- Sæther, F. (u.å.). *Tørrking*. SINTEF. Hentet 8. mai 2024, fra <https://www.sintef.no/ekspertise/sintef-energi/torking/>
- Sønju, H. (1983). Salatvekster. 47. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2597699>
- Tajet, T. (2021, februar 4). *Hvordan blir mineraler tilgjengelige for plantene?* Norsk Landbruksrådgiving. <https://www.nlr.no/fagartikler/jord/ostlandet/hvordan-blir-mineraler-tilgjengelige-for-plantene>
- Tønjum, T., & Bøvre, K. (2024). Anaerob. I *Store medisinske leksikon*. <https://sml.snl.no/anaerob>
- Universitetet i Oslo. (2019, mars 10). *Mineralnæring og vekst av planter—Institutt for biovitenskap*. <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/m/mineralnering-og-vekst-av-planter.html>

Universitetet i Oslo. (2021a, november 15). *Gjødsel—Institutt for biovitenskap*.

<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/g/gjodsel.html>

Universitetet i Oslo. (2021b, desember 27). *Kalium—Institutt for biovitenskap*.

<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/k/kalium.html>

Universitetet i Oslo. (2022, juli 4). *Eutrofiering—Institutt for biovitenskap*. Mn.uio.no.

<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/e/eutrofiering.html>

Universitetet i Oslo. (2023, januar 14). *Nitrogen—Institutt for biovitenskap*.

<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/n/nitrogen.html>

Universitetet i Oslo. (2024, januar 2). *Feces—Institutt for biovitenskap*.

<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/f/feces.html>

Vik, I. (u.å.). Kunstgjødsel og naturgjødsel. *Økologisk*. Hentet 29. februar 2024, fra

<https://www.okologisk.no/artikler/kunstgjodsel-og-naturgjodsel/>

Woodman, R. M. (1943). *The nutrition of the radish—Woodman—1943—Annals of Applied Biology—Wiley Online Library*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1744-7348.1943.tb06707.x>

Xu, G., Zhang, F., Shah, S. G., Ye, Y., & Mao, H. (2011). Use of leaf color images to identify nitrogen and potassium deficient tomatoes. *Pattern Recognition Letters*, 32(11), 1584–1590. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2011.04.020>

Xu, X., Du, X., Wang, F., Sha, J., Chen, Q., Tian, G., Zhu, Z., Ge, S., & Jiang, Y. (2020). Effects of Potassium Levels on Plant Growth, Accumulation and Distribution of Carbon, and Nitrate Metabolism in Apple Dwarf Rootstock Seedlings. *Frontiers in Plant Science*, 11, 904. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00904>

- Østli, K., & Sætre, S. (2018, desember 16). - *Vår tålmodighet er over: Norske oppdretts-selskap må dra herfra. Nå!* *Harvest Magazine*.  
<https://www.harvestmagazine.no/artikkel/sjomatnasjonen-norge-7-urbefolkning-okkuperer-norskeide-oppdrettsanlegg>
- Østmoe, S. (2018, mars 13). *Plantenæring—Naturbasert produksjon og tjenesteyting (NA-NAB vg1)—NDLA*. ndla.no. <https://ndla.no/subject:169ba831-b3cd-4207-b9b8-7d06bf03328b/topic:21bfla46-1704-43a8-8d40-a6032950a1de/topic:a284ead7-9a04-49e5-9efb-2abd9fef5e81/resource:1:168825>
- Aarnes, H. (2023). Fosfor – plantefysiologi. I *Store norske leksikon*. [https://snl.no/fosfor\\_-\\_plantefysiologi](https://snl.no/fosfor_-_plantefysiologi)
- Aas, T. S. (2021). *Kunnskapsgrunnlag – Slam fra lakseoppdrett*. Nofima AS.  
<https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/handle/11250/2759672>
- Aas, T. S., & Åsgård, T. E. (2017). *Estimated content of nutrients and energy in feed spill and faeces in Norwegian salmon culture*. Nofima AS. <https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/handle/11250/2452167>

## 8. Vedlegg

### Vedlegg 1 – Analyse av tørket fiskeslam, hodesalat (1-3) og reddik (1-3) fra SGS Analytics Norway AS



Hofseth International AS  
Kipervikgt. 13  
6003 Ålesund

Att: Janna Derks Croptova

SGS Analytics Norway AS  
Hamar  
NO 9800 073 3636  
Bekkeliveien 2  
2315 Hamar  
Telefon: +47 4000 7001  
no.ha.kundeservice@sgs.com  
www.sgsanalytics.no

Dato: 15.02.2024  
Prøve ID: 2024-2167  
ver 1

#### ANALYSERESULTATER

Prøvemotak: 30.01.24

Analysesperiode: 30.01.24 - 15.02.24

2024-2167-1 c) Slam

Tatt ut: 25.01.24 - 25.01.24

#### Referanse: Slam fra fiskeanlegg NTNU, Ålesund

Parameter	Resultat	Enhet	Grenseverdi	Metode	Måleusikkerhet
Tørstoff i slam	97,5	%		SS-EN 12880-1:2000	
Nitrogen Kjeldahl, N	24,0	g/kg TS		SS-EN 16169:2012	
Fosfor i slam, tørrvekt	19,00	g/kg TS		EN ISO 54121 EN16171	
Ammonium i slam, NH4-N	2,0	g N/kg TS		SM 23rd 4500C+B	
Kalium i slam, tørrvekt	2,70	g/kg TS		EN ISO 54121 EN16171	
Natrium	5400	mg/kg TS		EN ISO 54121 mod	
Saltinnhold, beregnet fra natrium	1,3	g/100g		Calc. from Sodium	
Silisium	110000	mg/kg TS		SS-EN ISO 11885-2	
Silisiumoksyd	235400	mgSiO2/l		Si beregnet som SiO2	
Kadmium i slam, tørrvekt	0,81	mg/kg TS	2	SS-EN ISO 11885-2	
Sink i slam, tørrvekt	500	mg/kg TS	800	SS-EN ISO 11885-2	

\*) Levert av SGS - Linköping ISO17025:2018 SWEDAC 1006  
2) Analysen er levert av SGS - Linköping  
c) Følskritt om gjødselvarer mv. maks. grenser for jordbruk

Med hilsen

Ingeborg Tanseth  
Laboratorieleder/Kunderådgiver

Kopi til  
Janna Derks Croptova (E-post)



SGS Analytics Norway AS  
Hamar  
NO 880 883 873 MVA  
Bekkeliveien 2  
2315 Hamar  
Telefon: +47 4000 7001  
no.jan.kundeservice@sgs.com  
www.sgsanalytics.no

Hofseth International AS  
Kipervikgt. 13  
6003 Ålesund

Att: Dirdrik Vardal

Dato: 05.04.2024  
Prøve ID: 2024-6769  
ver 1

### ANALYSERESULTATER

Prøvenotat: 21.03.24 Analyseperiode: 21.03.24 - 05.04.24

2024-6769-1 Grønnsaker

Merket: HODESALAT-1 Referanse: HODESALAT-1

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Målesikkerhet
Vanninnhold	94.5	%	Bas på dir152/2009/EU	±4.73
Tørrestoff	5.5	%	Bas på dir152/2009/EU	±0.28
Nitrogen	0.200	%	Kjeldahl	±0.01
Nitrogen	3.6	% av TS		
Fosfor, P	0.04	%	NS-EN ISO 17294-2	
Kalium, K	0.63	%	NS-EN ISO 17294-2	
Natrium, Na	0.009	%	NS-EN ISO 17294-2	
Salt (NaCl) fra Na	<0.08	%	Beregnet	

\*) SGS Norway er ikke akkreditert for denne analysen  
HA) Analysen er utført av SGS Hamar

< betyr: Mindre enn

Med hilsen

*Ingeborg Tønseth*  
Ingeborg Tønseth  
Laboratorieleder/Kunderådgiver

Kopi til  
Janna Derks Cropotova (E-post)



SGS Analytics Norway AS  
Hamar  
NO 880 883 873 MVA  
Bekkeliveien 2  
2315 Hamar  
Telefon: +47 4000 7001  
no.jan.kundeservice@sgs.com  
www.sgsanalytics.no

Hofseth International AS  
Kipervikgt. 13  
6003 Ålesund

Att: Dirdrik Vardal

Dato: 10.04.2024  
Prøve ID: 2024-6770  
ver 1

### ANALYSERESULTATER

Prøvenotat: 21.03.24 Analyseperiode: 21.03.24 - 10.04.24

2024-6770-1 Grønnsaker

Merket: HODESALAT-2 Referanse: HODESALAT-2

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Målesikkerhet
Vanninnhold	93.4	%	Bas på dir152/2009/EU	±4.67
Tørrestoff	6.6	%	Bas på dir152/2009/EU	±0.33
Nitrogen	0.241	%	Kjeldahl	±0.01
Nitrogen	3.6	% av TS		
Fosfor, P	0.05	%	NS-EN ISO 17294-2	
Kalium, K	0.72	%	NS-EN ISO 17294-2	
Natrium, Na	0.023	%	NS-EN ISO 17294-2	
Salt (NaCl)- bas. på Na	<0.08	g/100g	Basert på ISO 6869	±0.005

HA) Analysen er utført av SGS Hamar

< betyr: Mindre enn

Med hilsen

*Ingeborg Tønseth*  
Ingeborg Tønseth  
Laboratorieleder/Kunderådgiver

Kopi til  
Janna Derks Cropotova (E-post)



SGS Analytics Norway AS  
Hamar  
NO 880 883 873 MVA  
Bekkeliveien 2  
2315 Hamar  
Telefon: +47 4000 7001  
no.jan.kundeservice@sgs.com  
www.sgsanalytics.no

Hofseth International AS  
Kipervikgt. 13  
6003 Ålesund

Att: Dirdrik Vardal

Dato: 10.04.2024  
Prøve ID: 2024-6772  
ver 1

### ANALYSERESULTATER

Prøvenotat: 21.03.24 Analyseperiode: 21.03.24 - 10.04.24

2024-6772-1 Grønnsaker

Merket: HODESALAT-3 Referanse: HODESALAT-3

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Målesikkerhet
Vanninnhold	94.2	%	Bas på dir152/2009/EU	±4.71
Tørrestoff	5.8	%	Bas på dir152/2009/EU	±0.29
Nitrogen	0.232	%	Kjeldahl	±0.01
Nitrogen	4.0	% av TS		
Fosfor, P	0.04	%	NS-EN ISO 17294-2	
Kalium, K	0.67	%	NS-EN ISO 17294-2	
Natrium, Na	0.013	%	NS-EN ISO 17294-2	
Salt (NaCl)- bas. på Na	<0.08	g/100g	Basert på ISO 6869	±0.005

HA) Analysen er utført av SGS Hamar

< betyr: Mindre enn

Med hilsen

*Ingeborg Tønseth*  
Ingeborg Tønseth  
Laboratorieleder/Kunderådgiver

Kopi til  
Janna Derks Cropotova (E-post)



SGS Analytics Norway AS  
Hamar  
NO 880 883 873 MVA  
Bekkeliveien 2  
2315 Hamar  
Telefon: +47 4000 7001  
no.jan.kundeservice@sgs.com  
www.sgsanalytics.no

Hofseth International AS  
Kipervikgt. 13  
6003 Ålesund

Att: Dirdrik Vardal

Dato: 10.04.2024  
Prøve ID: 2024-6773  
ver 1

### ANALYSERESULTATER

Prøvenotat: 21.03.24 Analyseperiode: 21.03.24 - 10.04.24

2024-6773-1 Grønnsaker

Merket: REDDIK-1 Referanse: REDDIK-1

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Målesikkerhet
Vanninnhold	91.8	%	Bas på dir152/2009/EU	±4.59
Tørrestoff	8.2	%	Bas på dir152/2009/EU	±0.41
Nitrogen	0.355	%	Kjeldahl	±0.02
Nitrogen	4.3	% av TS		
Fosfor, P	0.06	%	NS-EN ISO 17294-2	
Kalium, K	0.73	%	NS-EN ISO 17294-2	
Natrium, Na	0.036	%	NS-EN ISO 17294-2	
Salt (NaCl)- bas. på Na	<0.08	g/100g	Basert på ISO 6869	±0.005

HA) Analysen er utført av SGS Hamar

< betyr: Mindre enn

Med hilsen

*Ingeborg Tønseth*  
Ingeborg Tønseth  
Laboratorieleder/Kunderådgiver

Kopi til  
Janna Derks Cropotova (E-post)



SGS Analytics Norway AS  
 Hamar  
 NO-860 060 873 MVA  
 Bekkeliveien 2  
 2315 Hamar  
 Telefon: +47 4000 7001  
 no.jan.kundeservice@sgs.com  
 www.sgsanalytics.no

Hofseth International AS  
 Kipervikgt. 13  
 6003 Ålesund

Att: Dirtdrik Vardal

Dato: 10.04.2024  
 Prøve ID: 2024-6774  
 ver 1

**ANALYSERESULTATER**

Prøvenotat: 21.03.24      Analyseperiode: 21.03.24 - 10.04.24  
 2024-6774-1      Grønnsaker

Merket: REDDIK-2

Referanse: REDDIK-2

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Vanninnhold	91,5	%	Bas på dir 152/2009/EU	±4,58
Tørrestoff	8,5	%	Bas på dir 152/2009/EU	±0,42
Nitrogen	0,385	%	Kjelatalt	±0,02
Nitrogen	4,5	% av TS	Kjelatalt	
Fosfor, P	0,06	%	NS-EN ISO 17294-2	
Kalium, K	0,69	%	NS-EN ISO 17294-2	
Natrium, Na	0,030	%	NS-EN ISO 17294-2	
Salt (NaCl)- bas, på Na	<0,08	g/100g	Basert på ISO 6469	±0,005

HA) Analysen er utført av SGS Hamar

< betyr: Mindre enn

Med hilsen

*Ingeborg Tønseth*  
 Ingeborg Tønseth  
 Laboratorieleder/Kunderådgiver

Kopi til  
 Janna Derks Cropotova (E-post)



SGS Analytics Norway AS  
 Hamar  
 NO-860 060 873 MVA  
 Bekkeliveien 2  
 2315 Hamar  
 Telefon: +47 4000 7001  
 no.jan.kundeservice@sgs.com  
 www.sgsanalytics.no

Hofseth International AS  
 Kipervikgt. 13  
 6003 Ålesund

Att: Dirtdrik Vardal

Dato: 10.04.2024  
 Prøve ID: 2024-6775  
 ver 1

**ANALYSERESULTATER**

Prøvenotat: 21.03.24      Analyseperiode: 21.03.24 - 10.04.24  
 2024-6775-1      Grønnsaker

Merket: REDDIK-3

Referanse: REDDIK-3

Parameter	Resultat	Enhet	Metode	Måleusikkerhet
Vanninnhold	92,0	%	Bas på dir 152/2009/EU	±4,60
Tørrestoff	8,0	%	Bas på dir 152/2009/EU	±0,40
Nitrogen	0,387	%	Kjelatalt	±0,02
Nitrogen	4,8	% av TS	Kjelatalt	
Fosfor, P	0,06	%	NS-EN ISO 17294-2	
Kalium, K	0,74	%	NS-EN ISO 17294-2	
Natrium, Na	0,030	%	NS-EN ISO 17294-2	
Salt (NaCl)- bas, på Na	<0,08	g/100g	Basert på ISO 6469	±0,01

HA) Analysen er utført av SGS Hamar

< betyr: Mindre enn

Med hilsen

*Ingeborg Tønseth*  
 Ingeborg Tønseth  
 Laboratorieleder/Kunderådgiver

Kopi til  
 Janna Derks Cropotova (E-post)

**Vedlegg 2 – utrekning av gjødselmengde og tabeller med næringsinnhold**

**Utrekninger**

$$\frac{7\%}{2,4\%} = 2,917$$

For å oppnå lik mengde N i både fiskeslam og kunstgjødsel, må man ha 2,917 ganger mer fiskeslam.

**Arealutrekning**

1 dekar = 1000 m<sup>2</sup> = 10.000.000 cm<sup>2</sup>

Areal (salatpotter) = 9,5 cm x 9,5 cm = 90,25 cm<sup>2</sup>  
 90,25 cm<sup>2</sup> \* 10.000.000  
 = 0,000009025 dekar

Areal (reddikpotter) = 10,2 cm x 10,7 cm = 109,14 cm<sup>2</sup>  
 109,14 cm<sup>2</sup> / 10.000.000  
 = 0,00010914 dekar = 1,0914 \* 10<sup>-5</sup>

Salatpottene har et areal på 90,25 cm<sup>2</sup> = 1,0914 \* 10<sup>-5</sup> dekar.  
Reddikpottene har et areal på 109,14 cm<sup>2</sup> = 1,0914 \* 10<sup>-5</sup> dekar.

**Fiskeslam, N per dekar**

Nitrogeninnhold pr kilo = 2,4% \* 100 = 24 g

Nitrogenbehov salat per dekar = 10 kg /  $\frac{24}{1000}$  kg = 416,67 kg

Innhold kunstgjødsel	
Nitrogen	7 %
Fosfor	1,34%
Kalium	5 %
Sink	0,004%

Innhold fiskeslam	
Nitrogen	2,4%
Fosfor	1,9%
Kalium	0,27%
Sink	0,05%



$$\text{Nitrogenbehov reddik per dekar} = 5 \text{ kg} / \frac{24}{1000} \text{ kg} = 208,33 \text{ kg}$$

Det kreves 416,67 kg og 208,33 kg fiskeslam for å oppnå henholdsvis 10 kg og 5 kg nitrogen per dekar.

#### **Kunstgjødsel, N per dekar**

$$\begin{aligned} \text{Nitrogeninnhold pr kilo} &= 7\% * 100 = 70 \text{ g} \\ \text{Nitrogenbehov salat per dekar} &= 10 \text{ kg} / \frac{7}{1000} \text{ kg} = 142,86 \text{ kg} \\ \text{Nitrogenbehov reddik per dekar} &= 5 \text{ kg} / \frac{7}{1000} \text{ kg} = 71,43 \text{ kg} \end{aligned}$$

Det kreves 142,86 kg og 71,43 kg kunstgjødsel for å oppnå henholdsvis 10 kg og 5 kg nitrogen per dekar.

#### **Reddik gjødselbehov per potte**

$$\begin{aligned} \text{Kunstgjødsel} &= 71,43 \text{ kg} * 0,000010914 \text{ dekar} = 0,000779571 \text{ kg} * 1000 \\ &= \underline{\underline{0,78 \text{ g kunstgjødsel}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tørket fiskeslam} &= 208,33 \text{ kg} * 0,000010914 \text{ dekar} = 0,00227375 * 1000 \\ &= \underline{\underline{2,27 \text{ g tørket fiskeslam}}} \end{aligned}$$

Utrekningene viser at reddik har behov for 0,78 gram kunstgjødsel for å oppnå rett nitrogen gjødsling i forhold til pottestørrelse.

Utrekningene viser at reddik har behov for 2,27 gram tørket fiskeslam for å oppnå rett nitrogen gjødsling i forhold til pottestørrelse.

#### **Salat gjødselbehov per potte**

$$\begin{aligned} \text{Kunstgjødsel} &= 0,000009025 \text{ dekar} * 142,86 \text{ kg} = 0,001289286 * 1000 \\ &= \underline{\underline{1,28 \text{ g kunstgjødsel}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tørket fiskeslam} &= 0,000009025 * 416,67 \text{ kg} = 0,003760417 * 1000 \\ &= \underline{\underline{3,76 \text{ g tørket fiskeslam}}} \end{aligned}$$

Utrekningene viser at salat har behov for 1,28 gram kunstgjødsel for å oppnå rett nitrogen gjødsling i forhold til pottestørrelse.

Utrekningene viser at salat har behov for 3,76 gram tørket fiskeslam for å oppnå rett nitrogen gjødsling i forhold til pottestørrelse.

### **Vedlegg 3 – Tabell over grenseverdier i organisk gjødsel**

*I forskriftens § 10 : Kvalitetskrav fastsettes maksimalgrenser i mg/kg tørrstoff for innhold av tungmetallinnholder i organisk gjødsel.*

Kvalitetsklasser:	0	I	II	III
	<b>mg/kg tørrstoff</b>			
Kadmium (Cd)	0,4	0,8	2	5
Bly (Pb)	40	60	80	200
Kvikksølv (Hg)	0,2	0,6	3	5
Nikkel (Ni)	20	30	50	80
Sink (Zn)	150	400	800	1500
Kobber (Cu)	50	150	650	1000
Krom (Cr)	50	60	100	150

#### Vedlegg 4 - oversikt over høyde for hodesalat

Høyde i cm hodesalat											
Dato	S1 (kunst)	S2 (kunst)	S3 (Kunst)	S4 (Kunst)	GJ	Dato	S5 (fisk)	S6 (fisk)	S7 (fisk)	S8 (fisk)	GJ
	Høyde (cm)	Høyde (cm)	Høyde (cm)	Høyde (cm)			Høyde (cm)	Høyde (cm)	Høyde (cm)	Høyde (cm)	
20.02.24	6,63	7,25	8,20	6,50	7,15	20.02.24	8,00	7,05	5,85	6,50	6,85
23.02.24	8,40	7,50	9,17	8,00	8,27	23.02.24	8,60	8,00	8,13	8,00	8,18
01.03.24	11,30	10,00	11,78	10,50	10,89	01.03.24	11,50	12,50	11,50	9,87	11,34
08.03.24	12,75	13,40	13,00	12,70	12,96	08.03.24	14,00	15,75	13,50	12,03	13,82
15.03.24	13,50	13,85	13,17	13,00	13,38	15.03.24	15,50	16,40	13,97	12,33	14,55
19.03.24	14,00	15,75	14,50	14,50	14,69	19.03.24	16,90	17,16	14,00	12,50	15,14
Dato	S9 (cntrl)	S10 (cntrl)	S11 (cntrl)	S12 (cntrl)	GJ						
	Høyde (cm)	Høyde (cm)	Høyde (cm)	Høyde (cm)							
20.02.24	7,40	6,90	8,67	8,95	7,98						
23.02.24	10,75	8,70	10,00	12,00	10,36						
01.03.24	12,25	11,00	13,13	13,00	12,35						
08.03.24	14,10	14,60	14,50	14,65	14,46						
15.03.24	14,25	14,60	14,80	15,60	14,81						
19.03.24	14,50	14,90	15,33	17,00	15,43						

#### Vedlegg 5 – oversikt over høyde for reddik

Høyde i cm reddik

Dato	R1 (fisk)	R2 (fisk)	R3 (fisk)	R4 (fisk)	GJ
	Høyde (cm)	Høyde (cm)	Høyde (cm)	Høyde (cm)	
20.02.24	11,33	8,60	10,80	9,87	10,15
23.02.24	12,57	10,40	11,80	12,70	11,87
01.03.24	16,65	14,60	15,90	14,10	15,31
08.03.24	18,40	14,83	19,17	19,75	18,04
15.03.24	19,50	17,83	20,23	20,30	19,47
19.03.24	20,17	18,67	22,83	22,45	21,03

Dato	R5 (cntrl)	R6 (cntrl)	R7 (cntrl)	R8 (cntrl)	GJ
	Høyde (cm)	Høyde (cm)	Høyde (cm)	Høyde (cm)	
20.02.24	7,33	10,10	12,23	8,07	9,43
23.02.24	9,70	11,83	13,20	10,67	11,35
01.03.24	11,33	13,67	16,67	13,63	13,83
08.03.24	13,70	17,93	17,43	17,17	16,56
15.03.24	17,87	19,75	20,50	18,00	19,03
19.03.24	18,95	20,03	21,00	19,33	19,83

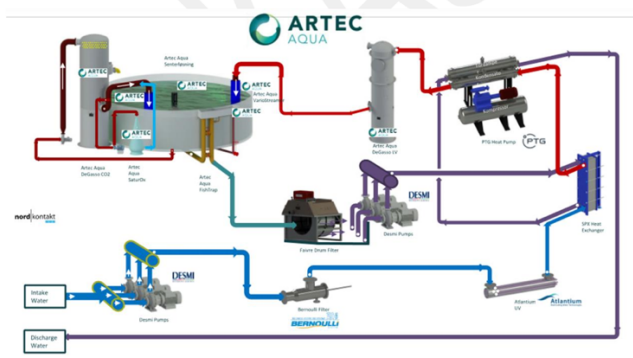
Dato	R9 (kunst)	R10 (kunst)	R11 (kunst)	R12 (kunst)	GJ
	Høyde (cm)	Høyde (cm)	Høyde (cm)	Høyde (cm)	
20.02.24	8,83	11,50	10,90	9,60	10,21
23.02.24	11,33	14,83	12,83	11,17	12,54
01.03.24	13,83	17,50	15,83	13,77	15,23
08.03.24	15,27	20,03	18,13	16,60	17,51
15.03.24	16,43	20,67	20,97	17,40	18,87
19.03.24	17,33	22,17	22,97	20,00	20,62

Vedlegg 6 – Prosentvis endring reddik og slam

Dato	Reddik-Slam	Reddik-kontroll	Reddik-Kunst	Salat-kunst	Salat-Slam	Salat-kontroll
<b>23.feb</b>	12,44 %	20,36 %	22,82 %	12,36 %	19,42 %	29,82 %
<b>01.mar</b>	51,14 %	46,66 %	49,17 %	47,96 %	65,55 %	54,89 %
<b>08.mar</b>	78,08 %	75,61 %	71,50 %	76,09 %	101,75 %	81,20 %
<b>15.mar</b>	92,20 %	101,80 %	84,82 %	81,79 %	112,41 %	85,59 %
<b>19.mar</b>	107,60 %	110,29 %	101,96 %	99,59 %	121,02 %	93,36 %

Vedlegg 7- Prosedyre for tørking av slam Hofseth.

Rensing av innløpsvann



Bildet over viser en skjematisk oversikt over vannets vei inn og ut gjennom settefiskanlegget for byggetrinn 1.

**Steg 1:**

Vannet pumpes inn til anlegget, enten i form av ferskvann eller sjøvann.

**Steg 2:**

Partikler i vannet fjernes ved hjelp av Bernoulli-filte. Dette er trykksatte korgfiltrefilte. Det er forskjellige grovhetsgrader på korgene alt etter behov inntakstype. Det fineste filteret er 100 mikron, det groveste er 300 mikron.

**Steg 3:**

Vannet desinfiseres ved hjelp av UV-bestråling.

**Steg 4:**

Vannet forvarmes ved hjelp av varmevekslere. Råvann veksles mot ferdig oppvarmet avløpsvann.

**Steg 5:**

Om behov blir vannet ytterligere oppvarmet av varmpumper.

**Steg 6:**

Etter oppvarming blir vannet luftet i en nitrogenlufter.

**Steg 7:**

Vannet oksygeneres ved hjelp av oksygenkjegler før det tilføres karet.

For Byggetrinn 2, Postsmolt:

For Postsmoltavdeligen utgår steg 4, 5 og 6.

### Rensing av avløpsvann

**Steg 1:**

Fiskens feces og eventuelle fôrrester føres i avløpet gjennom et sett med trommelfilte. Hver avdeling har hver sine trommelfilte. Slammet som samles opp i trommelfiltrene går i en felles renne og inn i en pumpeump.

**Steg 2:**

Slammet blir pumpet til et båndfilter der slammet avvannes. Før slammet havner på båndet blir det tilsatt polymere, som fungerer som en emulgator og flokulant.

**Steg 3:**

Det avvannede slammet blir samlet opp i en oppsamlingstank. Når nivået i denne tanken har nådd et gitt nivå blir slammet pumpet til neste steg.

**Steg 4:**

Slammet pumpes inn i en dekanter, som er en form for sentrifugering av slammet. Her fjernes store deler av vannet før neste seg.

**Steg 5:**

I dette steget tørkes slammet ved hjelp av høy varme. Her tørkes slammet til en tørrstoffandel på ca 95%.

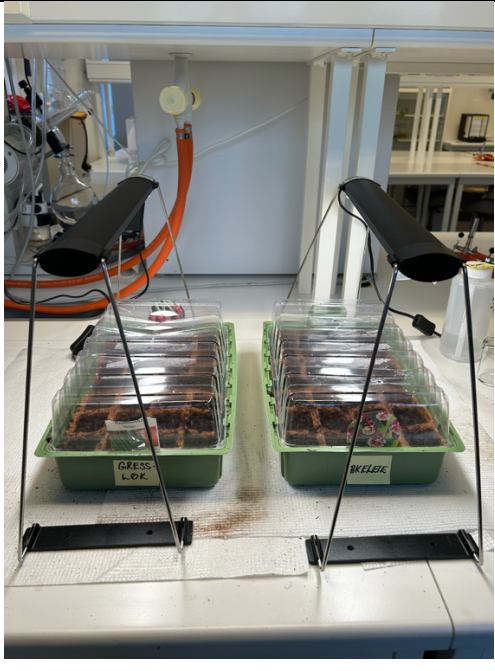
**Steg 6:**

Etter at slammet har nådd ønsket tørrhetsgrad fylles det tørka slammet i big-bager.

**Forfattere:**

Astrid Nerhus Dale – Teknisk leder – Tafjord Settefisk – Hofset  
01.03.24

**Vedlegg 8-** visuell oversikt over vekst på hodesalat og reddik.

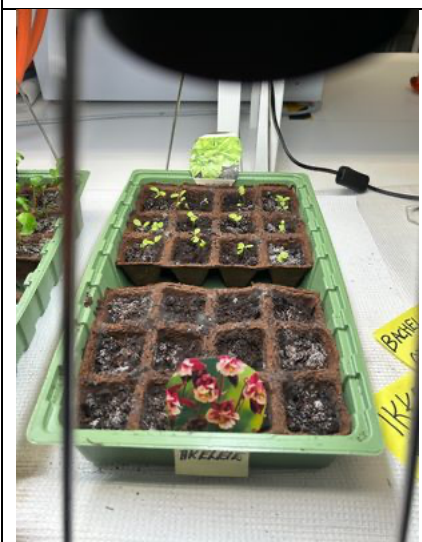
	
29. januar, første plante-dag	



1.februar. Reddik



1.februar. Hodesalat



5. februar , hodesalat og akeleie



7. februar, reddik og gressløk



7. februar, hodesalat og akeleie



7. februar, reddik og gressløk



7. feb, hodesalat og reddik





12. februar

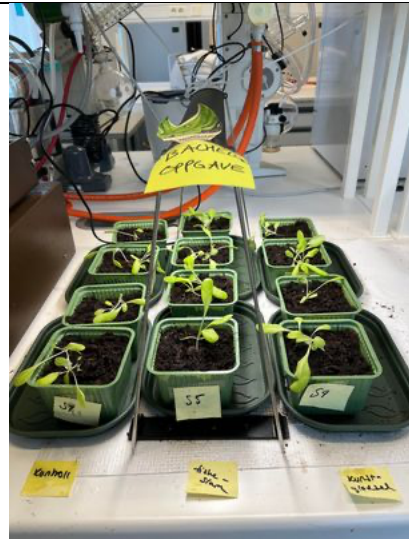


14. februar





16. februar



19. februar



20. februar



23. februar



26. februar

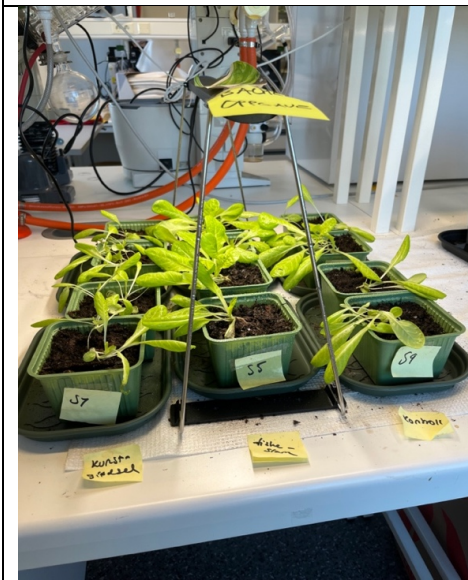


28. februar

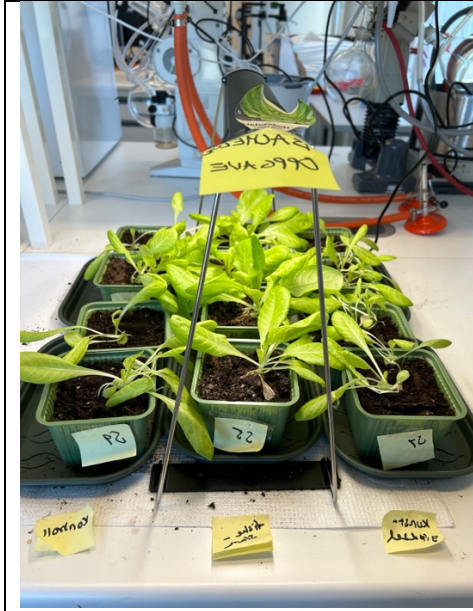




01. mars



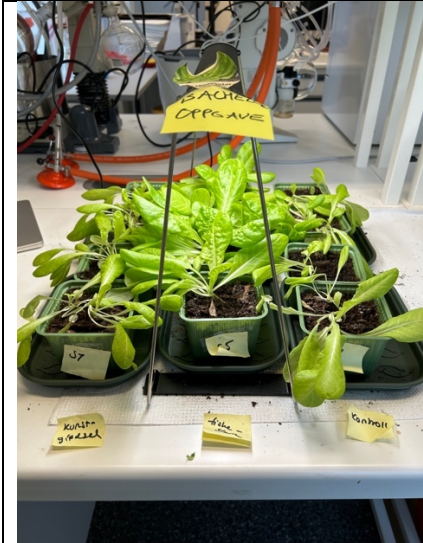
04.mars



8. mars



11.mars



13. mars



15. mars





18. mars



**Vedlegg 9**– oversikt over pH-verdier for hodesalat

pH - kunstgjødsel					
Dato	S1	S2	S3	S4	GJ
20.02.2024	5,75	5,51	5,52	5,72	5,63
19.03.2024	5,4	5,8	5,48	5,67	5,59

pH - fiskeslam					
Dato	Salat 5	Salat 6	Salat 7	Salat 8	GJ
20.02.2024	5,69	5,55	5,7	5,49	5,61
19.03.2024	6,2	5,86	5,67	5,67	5,85

pH - kontroll					
Dato	Salat 9	Salat 10	Salat 11	Salat 12	GJ
20.02.2024	5,69	5,55	5,57	5,3	5,53
19.03.2024	5,57	5,65	5,7	5,57	5,62

**Vedlegg 10** – oversikt over pH verdier for reddik

pH - fiskeslam					
Dato	R1	R2	R3	R4	GJ
20.02.2024	6,48	6,06	6,08	6,36	6,25
19.03.2024	5,33	5,8	5,86	5,73	5,68

pH - kontroll					
Dato	R5	R6	R7	R8	GJ
20.02.2024	6,25	6,36	6,65	6,29	6,39
19.03.2024	5,49	5,51	5,4	5,52	5,48

pH - kunstgjødsel					
Dato	R9	R10	R11	R12	GJ
20.02.2024	6,18	6,09	6	6,04	6,08
19.03.2024	5,33	5,8	5,32	5,36	5,45

## Vedlegg 11- ANOVA-test av vekt for hodesalat og reddik

### Vekt hodesalat

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: Vekt

Tukey HSD

(I) gjødsel	(J) gjødsel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
kunstgjødsel	fiskeslam	-6,68750*	1,35657	,002	-10,4750	-2,9000
	kontroll	-1,38500	1,35657	,583	-5,1725	2,4025
fiskeslam	kunstgjødsel	6,68750*	1,35657	,002	2,9000	10,4750
	kontroll	5,30250*	1,35657	,009	1,5150	9,0900
kontroll	kunstgjødsel	1,38500	1,35657	,583	-2,4025	5,1725
	fiskeslam	-5,30250*	1,35657	,009	-9,0900	-1,5150

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

### Vekt reddik

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: Vekt

Tukey HSD

(I) Gjødsel	(J) Gjødsel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
fiskeslam	kontroll	-1,85250	3,76578	,877	-12,3666	8,6616
	kunstgjødsel	,69000	3,76578	,982	-9,8241	11,2041
kontroll	fiskeslam	1,85250	3,76578	,877	-8,6616	12,3666
	kunstgjødsel	2,54250	3,76578	,783	-7,9716	13,0566
kunstgjødsel	fiskeslam	-,69000	3,76578	,982	-11,2041	9,8241
	kontroll	-2,54250	3,76578	,783	-13,0566	7,9716

Vedlegg 12 – Oversikt over alle verdier for vekt, gjennomsnitt og standardavvik.



Vekt i gram for S1-S12 og R1-R12.

Dato	S1 (KG)	S2 (KG)	S3 (KG)	S4 (KG)
20.03.2024	4,4	3,89	5,62	2,25

Dato	R1 (fisk)	R2 (fisk)	R3 (fisk)	R4 (fisk)
20.03.2024	16,5	10,89	13,81	10,89

Dato	S5 (Fisk)	S6 (Fisk)	S7 (Fisk)	S8 (Fisk)
20.03.2024	8,73	11,7	11,64	10,84

Dato	R5 (cntrl)	R6 (cntrl)	R7 (cntrl)	R8 (cntrl)
20.03.2024	5,55	20,8	20,9	12,25

Dato	S9 (k)	S10 (k)	S11 (k)	S12 (k)
20.03.2024	4,73	3	9,25	4,72

Dato	R9 (kg)	R10 (kg)	R11 (kg)	R12 (kg)
20.03.2024	9,3	19,3	11,53	9,2

Vekt i gram gjennomsnitt og standardavvik for to plantearter og tre gjødselvariabler.

	Hodesalat			Reddik		
	Kunstgjødsel	Fiskeslam	Kontrollplante	Fiskeslam	Kontrollplante	Kunstgjødsel
<b>GJ</b>	4.04	10.73	5.43	13.02	14.88	12.33
<b>STDAV</b>	1.40	1.39	2.68	2.70	7.42	4.77

**Vedlegg 13-** Siste dag av forsøket med reddik (fiskeslam, kontroll og kunstgjødsel).



## Vedlegg 14- Kolorimetrivverdier av reddik og hodesalat

ID	type	gjødning	L*	a*	b*	L*2	a*2	b*2
S1	salat	kunst	59,53	-13,08	25,71	55,36	-14,99	21,32
S2	salat	kunst	58,04	-14,38	22,53	60,49	-14,37	25,45
S3	salat	kunst	63,19	-12,88	28,79	63,58	-13,46	29,09
S4	salat	kunst	63,08	-18,47	30,94	56,69	-14,56	26,14
S5	salat	fisk	57,6	-14,81	28,22	53,67	-18,43	42,32
S6	salat	fisk	48,98	-16,37	24,87	47,14	-15,93	23,14
S7	salat	fisk	53,28	-17,17	27,05	54,11	-17,22	30,59
S8	salat	fisk	49,91	-16,79	25,33	49,62	-16,29	24,67
S9	salat	Kontroll	56,18	-14,78	31,71	56,84	-15,94	32,81
S10	salat	kontroll	59,21	-14,1	31,94	60,74	-12,41	30,62
S11	salat	kontroll	50,96	-17,7	30,76	54,02	-17,27	29,43
S12	salat	kontroll	58,83	-15,47	29,29	54,89	-17,38	31,79
R1	Reddik	fisk	42,5	-15,15	17,63	41,64	-14,52	16,27
R2	Reddik	fisk	13,8	-16,22	20,53	45,66	-15,91	22,09
R3	Reddik	fisk	43,97	-16,43	22,94	45,03	-16,18	21,6
R4	Reddik	fisk	43,06	-15,83	20,65	41,81	-15	19,44
R5	Reddik	kontroll	43,2	-14,71	19,69	44,82	-16,66	24,3
R6	Reddik	kontroll	41,24	-11,61	12,13	41,15	-11,87	11,96
R7	Reddik	kontroll	39,42	-12,98	13,92	44,39	-12,97	17,9
R8	Reddik	kontroll	48,52	-16,99	24,67	47,84	-15,67	22,73
R9	Reddik	Kunst	41,64	-14,3	17,36	40,51	-14,8	17,58
R10	Reddik	Kunst	41,4	-14,58	17,57	39,93	-16,36	21,24
R11	Reddik	kunst	37,11	-13,42	14,38	40,26	-15,59	19,97
R12	Reddik	Kunst	41,56	-17,27	25,05	39,28	-16,14	21,99

## Vedlegg 15 – oversikt over gjennomsnitt og standardavvik i kolometrianalysen

L	Fiskeslam - hodesalat	Kunstgjødning - hodesalat	Kontrollplante - hodesalat	Fiskeslam - reddik	Kunstgjødning - reddik	Kontrollplante - reddik
Gjennoms	51,78875	59,995	56,45875	39,68375	40,21125	43,8225
Standav	3,43625393	3,145677306	3,171054072	10,55811528	1,508513341	3,231650397
A	Fiskeslam - hodesalat	Kunstgjødning - hodesalat	Kontrollplante - hodesalat	Fiskeslam - reddik	Kunstgjødning - reddik	Kontrollplante - reddik
Gjennoms	-16,62625	-14,52375	-15,63125	-15,655	-15,3075	-14,1825
Standav	1,061722825	1,762862425	1,835774943	0,682788401	1,259055769	2,117699223
B	Fiskeslam - hodesalat	Kunstgjødning - hodesalat	Kontrollplante - hodesalat	Fiskeslam - reddik	Kunstgjødning - reddik	Kontrollplante - reddik
Gjennoms	28,27375	26,24625	31,04375	20,14375	19,3925	18,4125
Standav	6,138359338	3,28633942	1,245769269	2,266311903	3,345870589	5,286661788

**Vedlegg 16-** ANOVA-test – kolorimetrisk analyse av hodesalat

**ANOVA**

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L	Between Groups	271,084	2	135,542	12,804	<,001
	Within Groups	222,311	21	10,586		
	Total	493,395	23			
A	Between Groups	19,510	2	9,755	3,752	,040
	Within Groups	54,601	21	2,600		
	Total	74,111	23			
B	Between Groups	92,799	2	46,400	2,782	,085
	Within Groups	350,220	21	16,677		
	Total	443,019	23			

**Vedlegg 17-** ANOVA-test – kolorimetrisk analyse av reddik

**ANOVA**

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L	Between Groups	81,196	2	40,598	,981	,392
	Within Groups	869,351	21	41,398		
	Total	950,547	23			
A	Between Groups	9,479	2	4,740	2,175	,138
	Within Groups	45,752	21	2,179		
	Total	55,232	23			
B	Between Groups	12,059	2	6,029	,408	,670
	Within Groups	309,959	21	14,760		
	Total	322,017	23			

## Vedlegg 18 – ANOVA test- kolorimetrisk analyse av hodesalatens tre gjødselvariabler

### Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent Variable	(I) gjødsel	(J) gjødsel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
L	Fiskeslam	Kunstgjødsel	-8,20625*	1,62682	<,001	-12,3068	-4,1057
		Kontroll/ingen	-4,67000*	1,62682	,024	-8,7705	-,5695
	Kunstgjødsel	Fiskeslam	8,20625*	1,62682	<,001	4,1057	12,3068
		Kontroll/ingen	3,53625	1,62682	,099	-,5643	7,6368
	Kontroll/ingen	Fiskeslam	4,67000*	1,62682	,024	,5695	8,7705
		Kunstgjødsel	-3,53625	1,62682	,099	-7,6368	,5643
A	Fiskeslam	Kunstgjødsel	-2,205*	,806	,032	-4,24	-,17
		Kontroll/ingen	-,995	,806	,447	-3,03	1,04
	Kunstgjødsel	Fiskeslam	2,205*	,806	,032	,17	4,24
		Kontroll/ingen	1,210	,806	,311	-,82	3,24
	Kontroll/ingen	Fiskeslam	,995	,806	,447	-1,04	3,03
		Kunstgjødsel	-1,210	,806	,311	-3,24	,82
B	Fiskeslam	Kunstgjødsel	2,02750	2,04188	,589	-3,1192	7,1742
		Kontroll/ingen	-2,77000	2,04188	,381	-7,9167	2,3767
	Kunstgjødsel	Fiskeslam	-2,02750	2,04188	,589	-7,1742	3,1192
		Kontroll/ingen	-4,79750	2,04188	,071	-9,9442	,3492
	Kontroll/ingen	Fiskeslam	2,77000	2,04188	,381	-2,3767	7,9167
		Kunstgjødsel	4,79750	2,04188	,071	-,3492	9,9442

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.



