

BACHELOROPPGAVE

*Vekst av sukkertare (*Saccharina latissima*) i vinterhalvåret*

Med to litteraturstudier av mulige bruksområder for biomasse av makroalger

Av

105 Knudsen, Kristian Reinskau

106, Rosnæs, Eilif Ullestad

114, Sæbø, Solveig

Growth of sugar kelp (*Saccharina latissima*) in the winter season

Including two literature studies regarding possible areas of application connected to macroalgae biomass

Fornybar Energi

FE 403

Juni 2014



Avtale om elektronisk publisering i Høgskulen i Sogn og Fjordane sitt institusjonelle arkiv (Brage)

Jeg gir med dette Høgskulen i Sogn og Fjordane tillatelse til å publisere oppgaven (Skriv inn tittel) i Brage hvis karakteren A eller B er oppnådd.

Jeg garanterer at jeg er opphavsperson til oppgaven, sammen med eventuelle medforfattere. Opphavsrettslig beskyttet materiale er brukt med skriftlig tillatelse.

Jeg garanterer at oppgaven ikke inneholder materiale som kan stride mot gjeldende norsk rett.

Ved gruppeinnlevering må alle i gruppa samtykke i avtalen.

Fyll inn kandidatnummer og navn og sett kryss:

105, Knudsen, Kristian Reinskau

JA NEI

106, Rosnæs, Eilif Ullestad

JA NEI

114, Sæbø, Solveig

JA NEI

Forord

Dette er en bacheloroppgave i fornybar energi gjennomført i regi av Høgskulen i Sogn og Fjordane. Bacheloroppgaven er 20 studiepoeng per kandidat.

Høgskulen i Sogn og Fjordane og Professor Erling Holden støttet denne oppgaven finansielt, vi vil gjerne takke dere for bistanden. Vi vil også takke Steinvik fiskefarm for lån av båt, mannskap og forsøkslokaliteter og Hortimare AS som gav oss sukkertarestiklinger til forsøket. Uten dem hadde ikke forsøket vært mulig.

XI-bygg Hundere og skyssstasjon i Sogndal vil vi også takke for lån av taukutter og busskjetting.

Tusen takk til vår veileder Torbjørn Dale som har vært enestående gjennom hele prosessen, gitt gode råd og hjulpet oss igjennom denne oppgaven. Vi ville ikke vært foruten hans kunnskap og entusiasme for fagområdet.

Til slutt vil vi få lov å takke de personene som har vært der for oss gjennom perioden med bachelorarbeid, hjelpelige lærere, medstudenter, kjærester og venner.

Innholdsfortegnelse

Forord	iii
Sammendrag.....	v
Abstract.....	vi
Oppgavens struktur	viii
Kapittel 1: Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstillingene	8
1.3 Introduksjon	8
1.4 Forskningsfelt.....	13
Kapittel 2: Materiale og metode	14
2.1 Oppgavetype og design	14
2.2 Stasjonsbeskrivelse	14
2.3 Konstruksjon og montering.....	16
2.4 Gjennomføring av datainnsamling.....	24
2.5 Etterarbeid på laboratorium	26
2.6 Utrekninger	29
Kapittel 3: Resultater.....	30
3.1 Klima og miljøbetingelser	30
3.2 Biomasseøkning	35
3.3 Blad-, bredde- og stilkvekst	37
3.4 Vann, glødetap og askeinnhold	39
Kapittel 4: Diskusjon.....	41
4.1 Feilkilder.....	41
4.1 Hydrografimålinger.....	44
4.2 Diskusjon av resultatene.....	45
Kapittel 5: Litteraturstudie	52
5.1 Anvendelse av sukkertare.....	52
5.2 Fosfor i fremtiden	58
5.3 Diskusjon, Anvendelse av sukkertare	67
5.4 Fosfor og makroalger	67
Kapittel 6: Konklusjon	68
Kildekritikk	69
Litteraturliste	70
Vedlegg.....	76
Vedlegg 1: Begrepsforklaring.....	76
Vedlegg 2: Hydrografidata	79

Vedlegg 3: Data for beregning av vekt og rådata	82
Vedlegg 4: Delprøve data.....	85

Sammendrag

Dette er en vekststudie av makroalgen *Saccharina latissima* (sukkertare). I tillegg består oppgaven av to mindre litteraturstudier: anvendelse av sukkertare og makroalger som en potensiell kilde til fosfor.

Vekststudiet er utført i vinterhalvåret, fra oktober til mars i Eikefjorden på to dyp: 0,5 m og 2 m. Forsøket omfatter to vekstperioder da vi hadde to datainnsamlinger. Resultatene er basert på vekt av våt biomasse, samt tørrvekten som gir grunnlag for å bestemme organisk materiale (glødetap) og askeinnhold (næringssalter). Hensikten med forsøket vårt var å undersøke om sukkertare vokste bedre i tilknytning til et oppdrettsanlegg.

Resultatene vi fikk ved stasjonen ved oppdrettsanlegget var overraskende, da tilsynelatende all sukkertaren her var døde ved første innsamling. Tre prøver i tilknytning til et oppdrettsanlegg hadde derimot overlevd ved andre innsamling på 2 m dyp. De overlevende prøvene hadde størst vekstprosent av samtlige stasjoner, med 8 % per/dag. Grunnen til at sukkertaren døde ved 0,5 m dyp var sannsynligvis store mengder med ferskvannstilstrømning, som resulterte i lav salinitet i de øverste vannmassene.

Våre data fra referansestasjonene for første vekstperiode viser at på 0,5 m dyp har sukkertaren hatt omtrent 0,3 % raskere vekst sammenliknet med prøver på 2 m dyp. Derimot var veksten markant større på 2 m dyp i den andre vekstperioden. Sammenlignet med 0,5 m var veksten ca.1,4 % høyere på 2 m dyp. Resultatene er hentet fra en stasjon hvor vi regnet med at det var mindre næringssalter enn stasjonen i tilknytning til oppdrettsanlegget. Innhold av tørrstoffer, aske og organisk materiale viser seg å variere mellom sesonger i makroalgen *Saccharina latissima*.

Litteraturstudiene viser at satsing på sukkertare innen flere bruksområder vil skape mer fortjeneste. Et av bruksområdene som blir presentert er gjødsel i form av fosfor. Etter år 2070 er det mulig at tilgangen til fosfor vil bli begrenset, noe som vil skape utfordringer i fremtidens landbruk. Sukkertare inneholder fosfor og kan dermed bli en ressurs i fosforkrisen.

Konklusjonen av vekststudie vårt er at de kontrollerende faktorene for sukkertarens vekst i vinterhalvåret i norske fjorder ser ut til å være lysmengde/daglengde og salinitetforhold. I litteraturstudiene våre konkluderer vi med at dyrkning av makroalger vil være en potensiell løsning med tanke på både fosfor- og energikrisen. Et eksempel på dette er å dyrke makroalger til produksjon av biodrivstoff. Restmaterialet fra produksjonen kan videre utnyttes som en fosforressurs.

Abstract

This is a growth study of the macroalgae *Saccharina latissima*. In addition, this study consists of two smaller literature studies: applications of *S. latissima* and macroalgae as a potential source of phosphorus.

The growth study was carried out during the winter months from October to March in a Norwegian fjord close to the town of Florø. In the Eikefjord the study grew *S. latissima* on two depths: 0.5 m and 2 m and the experiment consisted of two growth periods. Results are based on weight of wet biomass and dry weight. The wet weight was used for calculating total biomass growth in percent per day. The dry weight was basis for determining organic matter and ash content (nutrients).

The purpose of our experiment was to investigate whether *S. latissima* grew better in relation to a fish farm.

The results we got at the station by the fish farm were surprising, since apparently all *S. latissima* kelp were dead in the first collection. However, three samples adjacent to the fish farm had survived and grown in the second growth period at 2 m depth. The surviving samples had the highest growth rate of all stations, with 8 % per / day. The reason for the kelp dying at 0.5 m depth at this station and in general having a low biomass has become an important part of our findings. After investigation we have concluded that it was probably large amounts of fresh water influx, resulting in low salinity, which killed the kelp and resulted in a weak total biomass growth at the station adjacent to the fish farm.

Our data from the first growth period at the reference stations shows that at 0.5 m depth has *S. latissima* had approximately 0.3 % faster growth compared to samples at 2 m depth. At the second period growth was significantly greater at 2 m depth. Compared with 0.5 m growth was approximately 1,4% higher at 2 m. The results are from a station where we figured it

would be lesser nutrients than station the adjacent to the farm. Content of solids, ash and organic material turns out to vary between seasons in macro algae *S. latissima*.

The literature studies show that investment in *S. latissima* in several application areas will create profits. One of the applications is presented is fertilizer in the form of phosphorus. This element is very important for modern chemical fertilizers. After 2070 the access of phosphorus may start to decline which creates challenges for the future efficiency of agriculture. Sugar kelp contains phosphorus and may thus be a future source in a phosphorus crisis.

The conclusion of our growth study is that the controlling factors for *S. latissima* growing in winter in a Norwegian fjord seem to be light output / day length and salinity concentration. For the literature studies we concluded that the cultivation of macroalgae will be a potential solution in terms of both phosphorus- and energy crisis. An example of this is to cultivate macroalgae for biofuel production. Residual material from the manufacturing process can be further exploited as a phosphorus resource.

Oppgavens struktur

Vår oppgave er tre-delt:

Kapittel 1-4

De fire første kapitlene omhandler vårt eget forsøk. Denne delen handler om dyrking av sukkertare til produksjon av biomasse (vedlegg 1), i forbindelse med et oppdrettsanlegg samt referansestasjoner i Eikefjorden. I Kapittel 1 innleder vi ved å snakke om bakgrunnen for hvorfor denne oppgaven er viktig og gir en generell introduksjon til makroalger og sukkertare. I kapittel 2 redegjør vi for metoden vi har brukt i forsøket. I Kapittel 3 beskriver vi resultatene fra forsøket. I kapittel 4 diskuteres metoden vi har brukt, samt resultatene vi har fått.

Kapittel 5

I den andre delen av oppgaven er litteraturstudiene presentert. I det første emnet vi går inn på er bruksområdene til sukkertare. I det andre emnet redegjør vi for fosforkrisen og går inn på makroalgers rolle i fosforens fremtid. Avslutningsvis i kapitlet diskuterer vi begge emnene.

Kapittel 6

Avslutningsvis vil vi trekke sammen linjene fra litteraturstudiene og forsøket vårt i en felles konklusjon.

Kapittel 1: Innledning

1.1 Bakgrunn

«Vi kunne trolig ha reddet oss selv, men vi var altfor forbasket late til å prøve særlig hardt». Kurt Vonnegut (1991) skrev dette for litt over 20 år siden med en litt sarkastisk undertone om hvilken melding vi skulle etterlate oss på jorden før vi døde ut. Menneskerasens undergang på grunn av klimaforandringen er mulig en overdrivelse, men Vonnegut har kanskje et poeng.

I første delen av bacheloroppgaven vil vi se på det store bildet og avgjørende spørsmål som: Hva skjer med klimaet på jorden? Hvilke konsekvenser kan endringene få for oss mennesker? Spørsmålene stilles for å kunne forstå hvorfor vi må forandre levesettet vårt, og hvorfor en viktig del av løsningen er å utvikle fornybar energi.

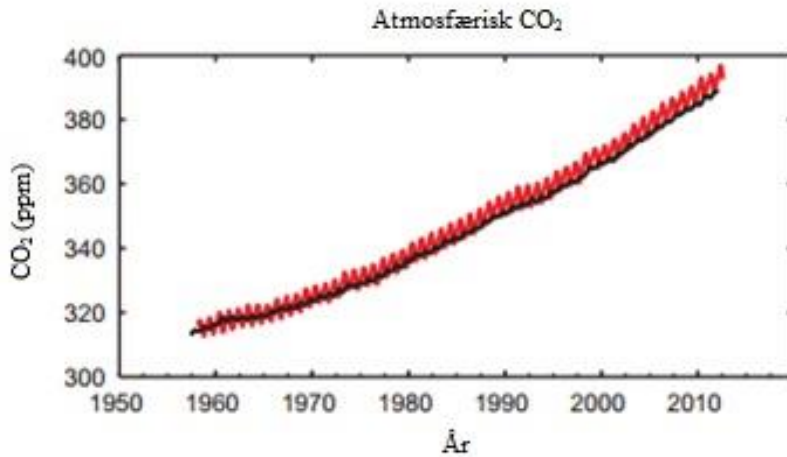
I de senere årene har man fått øynene opp for hva som skjer med klimaet (se vedlegg 1 «begrepsforklaring for definisjon av klima») og hvilke konsekvenser det fører med seg. NOU (2012) skrev at det satses i stadig større grad på klima- og miljøforebygging på globalt plan. Europa og EU har begynt på et satsingsområde kalt "20-20-20 målene". Mer konkret betyr disse målene at EU ønsker å redusere klimagassutslippet med 20 %, forbedre energieffektiviteten med 20 % og øke andelen fornybar energi med 20 % innen 2020. Norge er forpliktet til å være med på alle deler av denne klimapolitikken gjennom EØS-avtalen. EUs mest sentrale virkemidler, slik som det europeiske kvotehandelssystemet og Fornybardirektivet, stiller bindende krav til økning av fornybarandelen i energiforbruket.

Konsekvensene av klimaendringene ser ut til å bli mer alvorlig enn tidligere fryktet. Dette er en avgjørende faktor for vår egen motivasjon og for arbeidet med fornybar energi, samt for problemstillingen til denne oppgaven. Vi ønsker å bidra til, og minimere årsakene til klimaendringene, slik at konsekvensen kan reduseres.

Årsaker til klimaendringene

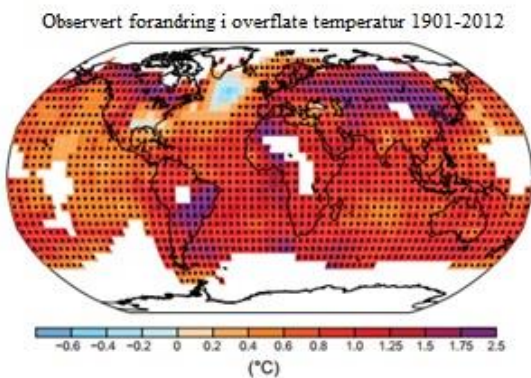
The International Panel of Climate Change eller IPCC har siden 1990 tallet samlet inn studier fra hele verden for å få en best mulig oversikt over hva som skjer med klimaet vårt. De gir ut rapporter ca. hvert femte år og den siste kom i 2013. Den heter «The Fifth Assessment Report», her bekreftes det nå med 95-100 % sannsynlighet at menneskene er ansvarlig for over halvparten av den globale temperaturøkningen på bakkenivå fra 1951-2010.

Rapporten peker på at drivhusgassen karbondioksid (CO_2) er den desidert største årsaken til økningen i temperatur på jorden. Mellom 1750 og 2011 har CO_2 forårsaket en oppvarming av jordkloden igjennom drivhuseffekten (vedlegg 1), tilsvarende $1,68 \text{ W m}^{-2}$. Konsentrasjonen av CO_2 i atmosfæren har ikke vært høyere de siste 800 000 årene enn hva den er akkurat nå (IPCC, 2013). Figur 1 viser hvordan konsentrasjonen av CO_2 i atmosfæren har økt de siste 50 årene.

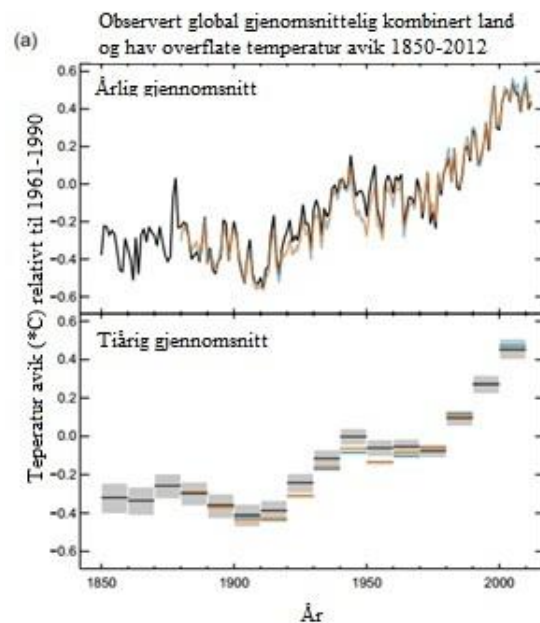


Figur 1: Økning i konsentrasjon av CO_2 i atmosfæren fra 1958 til 2011. Enheten ppm betyr «parts per million» ($1000\ 000^{-1}$), (IPCC, 2013).

Figur 2 og 3 viser, at nesten hele planeten har hatt en temperaturøkning i perioden fra 1850-2012. IPCC (2013) peker også på at den store økningen i konsentrasjonen av alle klimagasser (vedlegg 1) i atmosfæren, som CO_2 , metan (CH_4), dinitrogenoksid (N_2O), er årsaken til at temperaturen har økt.



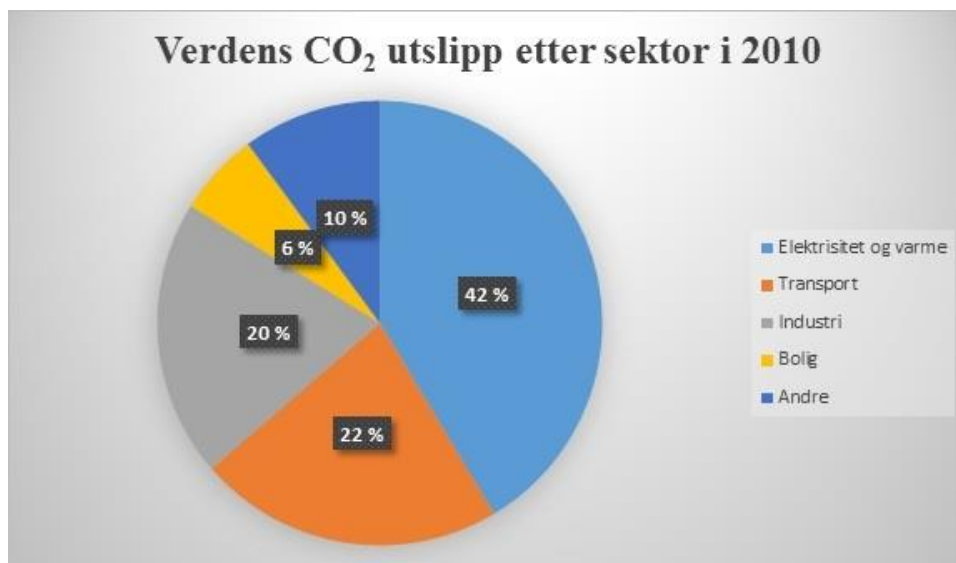
Figur 3: Visuell fremstilling av temperaturforandringer de siste 110 årene, (IPCC, 2013).



Figur 2: Grafisk fremstilling av temperaturforandringer, (IPCC, 2013).

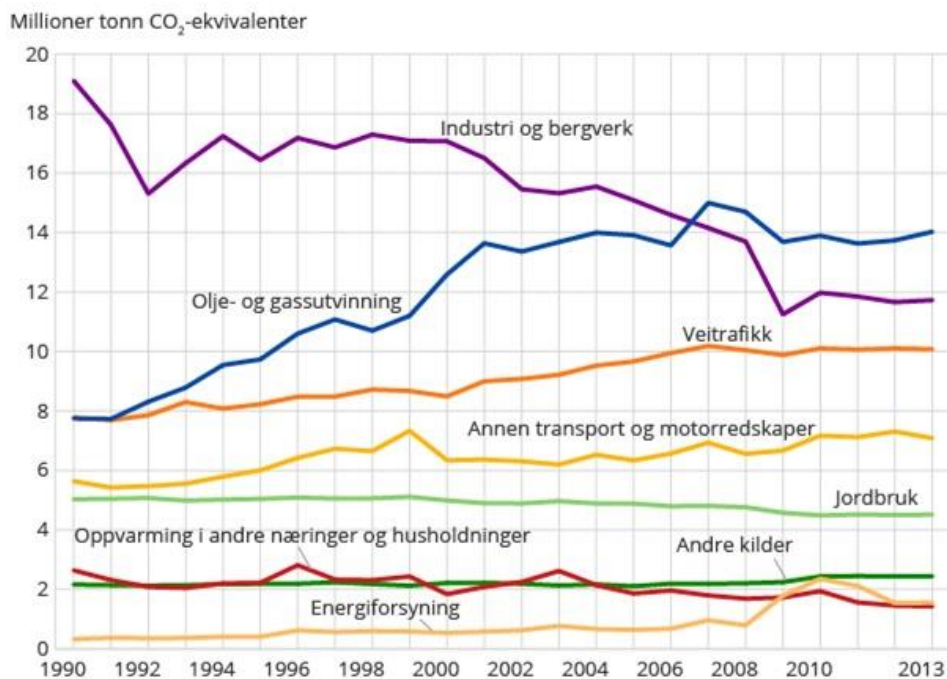
Drivhusgassene representerte en bakketemperaturøkning på mellom 0,5-1,3 C° i perioden 1951-2010, med en sikkerhetsmargin på 66-100 %. I følge International Energy Agency (2012), var verdens totale utslipp av CO₂ i 2010 på 30,3 GtCO₂ (vedlegg 1). Det totale utslippet fra norsk territorium var i 2012 på 52,7 MtCO₂ ekvivalenter (vedlegg 1) (SSB, 2014). 43 % av utslippet kom fra kullforbrenning, 36 % fra olje- og 20 % fra gassforbrenning.

Figur 4 viser at energiproduksjon til oppvarming og elektrisitet, sammen med energien transportsektoren forbruker, står for to tredjedeler av verdens utslipp av CO₂ (International Energy Agency, 2012).



Figur 4: Utslipp av CO₂ etter sektor, (International Energy Agency, 2012).

Hvis vi sammenligner verdens utslipp (figur 4) med Norges utslipp (figur 5) er det tydelige forskjeller. Spesielt ved utslipp knyttet til oppvarming og bruk av elektrisitet ser vi store forskjeller mellom Norge og resten av verden. I Norge er det transportsektoren som har det største utslippet av CO₂, i 2012 var andelen på hele 33 % (Miljøstatus i Norge, 2014). Det tilsvarer 17,4 MtCO₂ ekvivalenter (SSB, 2014). Da er veitrafikk, annen transport og andre motorredskaper (luftfart, sjøfart, fiske og motorredskaper medregnet) slått sammen. De siste ti årene har prosentandelen fra transportsektoren i Norge økt med ett helt prosentpoeng per år (Miljøstatus i Norge, 2014).



Figur 5: Norge sitt klimautslipp de siste 23 årene fordelt på sektorer, (SSB, 2014).

Konsekvenser av klimaendringene

Klimasystemet til planeten vår har alltid vært i forandring. I følge Fossheim (2007) må vi tilbake 125 000 år for å finne varmere klima enn i dag. Denne perioden var slutten av en 60 000 år lang tørke/varmepriode, klimaendringene skjedde da i løpet av en svært lang tidsperiode (Fossheim, 2007). Disse klimaendringene hadde en hastighet som står i stor kontrast til de raske endringene vi opplever nå.

Gjennom utregninger med avanserte klimamodeller har IPCC (2013) kommet fram til at de stadig økende CO₂- og drivhusgassutslippene vil gi en kontinuerlig økning i hav- og bakketemperaturer i det 21. århundret. Vi kan forvente en økning i havnivået mellom 26-98 cm, et globalt tap av isdekke med 15 til 85 %, økning i ekstremvær, ørkener som øker i størrelse og en lavere pH-verdi i havet. Disse endringene er resultater fra utregninger med klimamodeller som strekker seg frem mot slutten av det 21. århundre (IPCC, 2013). Det finnes flere scenarioer om hvor store konsekvensene blir. Tallene ovenfor har tatt med både de mest optimistiske og de mest pessimistiske. For å oppnå de mest optimistiske tallene krever dette store kutt i utslipp av klimagasser (IPCC, 2013).

Klimaforandringene vil raskt kunne gjøre flere av jordens områder ubeboelig, som for eksempel deler av Afrika. Konsekvensene av forandringene vil føre til folkevandringer knyttet til for eksempel uttørking. Trolig vil folkevandringen føre med seg flere konflikter og

en større kamp om gjenværende ressurser (Fossheim, 2007). Skal disse konsekvensene minimeres må både politiske ledere og folk flest innse at hvordan vi bruker energi og hvor energien kommer fra, er spørsmål vi trenger å ha nye og "grønne" svar på.

CO₂ reduserende tiltak

Figur 4 og 5 viser forskjeller i hvilke sektorer verden og Norge slipper ut mest CO₂ fra.

Verden generelt sett bruker mye kull til kraftverkene sine, mens Norge har vannkraft som dekker det meste av elektrisitetsbehovet. I Norge er det som nevnt transportsektoren som har det største utslippet. Derfor begrenser vi dette avsnittet til å omfatte reduserende tiltak i denne sektoren.

Et av punktene til Miljøstatus i Norge (2014) mener kutt i CO₂ utslippene i transportsektoren kan gjøres ved å øke bruken av biodrivstoff.

Beregningene deres viser også at det er mulig å oppnå en reduksjon i utslipp på 3-4,5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter innen 2020. Dette tilsvarer en reduksjon i forhold til dagens norske klimagassutslipp mellom 5,7-8,5 %:

<i>Reduksjon i utslipp/totalt utslipp i Norge x 100</i>

$$3 \text{ MtCO}_2 \text{ ekvivalenter} / 52,7 \text{ MtCO}_2 \text{ ekvivalenter} \times 100 = 5,7 \%$$

$$4,5 \text{ MtCO}_2 \text{ ekvivalenter} / 52,7 \text{ MtCO}_2 \text{ ekvivalenter} \times 100 = 8,5 \%$$

Det vil tilsvare en reduksjon i utslipp fra transportsektoren på hele 17,2-25,9 %:

<i>Reduksjon i utslipp/totalt utslipp i transportsektoren x 100</i>

$$3 \text{ MtCO}_2 \text{ ekvivalenter} / 17,4 \text{ MtCO}_2 \text{ ekvivalenter} \times 100 = 17,2 \%$$

$$4,5 \text{ MtCO}_2 \text{ ekvivalenter} / 17,4 \text{ MtCO}_2 \text{ ekvivalenter} \times 100 = 25,9 \%$$

Sterke virkemidler, store investeringer og sterk politisk vilje må til for å oppnå dette i følge Miljøstatus.

Biodrivstoff som klimatiltak

I dag blandes biodrivstoff (vedlegg 1) først og fremst inn i fossilt drivstoff. I Norge i dag er det innblandet inntil 7 % biodrivstoff i fossil diesel (Norsk Petroleuminstitutt, 2012).

Bensinbiler tåler vanligvis en blanding med 5 % bioetanol (vedlegg 1), mens dieslbiler kan

tåle en blanding med 7 % biodiesel (vedlegg 1). Som regel vil begge motortypene tåle et mye høyere blandingsforhold etter noen enkle tekniske forandringer (Ung energi, 2012).

Første- og andregenerasjonsbiodrivstoff (vedlegg 1) er mest anvendt i dag (Ung Energi, 2012). Første generasjonsbiodrivstoff blir produsert av mat, eksempelvis mais, sukker og oljer. Poenget med å produsere bærekraftig biodrivstoff til transportmidler blir derfor tapt. Hvis det brukes mat som energikilde til drivstoffproduksjon er det større mulighet for at produksjonen ikke blir bærekraftig. Det er ikke overskudd av mat i verden i dag, derfor må vi sørge for at det dyrkes biomasse som kan brukes til andre- og tredjegerasjons biodrivstoff. Disse konkurrerer ikke med areal til matproduksjon, på denne måten sørger vi for at produksjonen blir mer miljøvennlig og bærekraftig (University of Edinburgh, 2008).

Global produksjon av biodrivstoff fra biomasse har hatt en stor økning det siste tiåret. I 2000 ble det produsert 16 milliarder liter, mot 100 milliarder liter i 2011. Det tilsvarer 3 % av det globale energibehovet til transportsektoren (International Energy Agency, 2011).

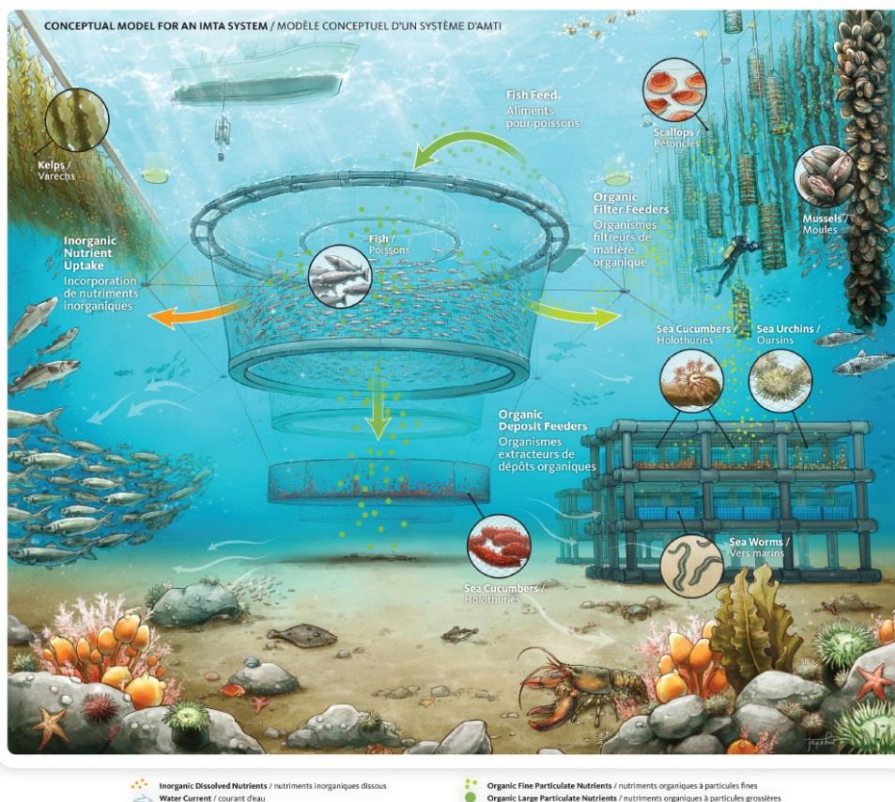
I den nye veilederen som Miljødirektoratet har laget for bruk og produksjon av biodrivstoff, er det utformet egne bærekraftighetskriterier for produksjonen. Biomassen skal ikke dyrkes i områder som er viktig for naturmangfoldet eller med høyt karbonlager (Miljødirektoratet, 2013). Miljødirektoratet ønsker med andre ord å tilrettelegge for at andre viktige ressurser ikke blir satt til side til fordel for dyrking av biomasse til produksjon av biodrivstoff. Dette betyr at førstegenerasjons biodrivstoff, som hovedsakelig bruker mat som energikilde, ikke er aktuelt for det norske markedet. Dermed blir graden av bærekraftigheten for tredje- og fjerdegenerasjon biodrivstoff (se vedlegg 1) hovedsakelig avhengig av hvor mye fossil energi som forbrennes i selve dyrkingen av biomasse og produksjonen av drivstoffet (Zero, 2007).

I en produksjon av biodrivstoff er det hovedsaklig karbohydratene i biomassen som blir utnyttet til å lage selv drivstoffet (Dalen, 2009). All biodrivstoffproduksjon vil dermed gi et restprodukt som inneholder en mer konsentrert mengde av næringssalter enn før produksjonen. Verden står ovenfor en lite omtalt mangel på næringssaltet fosfor. Fosfor brukes i stor grad til kunstgjødseproduksjon og er svært viktig for å opprettholde dagens matproduksjon (Cordell *et al.* 2008). Ved å kombinere dyrking av biomasse til produksjon av biodrivstoff og bruke restproduktet til gjødning, kan vi løse problemer knyttet til både miljø-, mat- og energibehov.

Biomasse og Integrert Multitrofisk Akvakultur

Biomasse kan dyrkes på flere måter, men som nevnt tidligere er det vanligst å hente den fra landbaserte planter og planterester. I de senere årene har man åpnet horisonten for hvor og hvordan biomasse kan dyrkes. Blant annet er havet ansett som en god lokasjon for produksjon, og kan være med å bidra til at ressursene på jorda forvaltes mer bærekraftig. Her kan man utnytte tredjegerasjon-biomasse i form av makroalger.

Integrert Multitrofisk Akvakultur (vedlegg 1) er et polykultursystem der man dyrker flere arter sammen fra ulike trofiske nivåer (figur 6). Hver art har ulike funksjoner i økosystemet som kan være nyttig for en annen art. På denne måten blir avfall fra en art utnyttet som en annen arts matkilde. Et eksempel er i et system hvor man dyrker blåskjell og tare, sammen med å drive et oppdrettsanlegg for fisk. Blåskjellene lever av organiske partikler i vannmassene som plankton, fiskeavfall og organiske partikler fra fiskefor. Taren tar opp oppløste næringsstoffer fra fiskens urin og gjeller. Til sammen utnytter blåskjellene og taren overskuddsnæringen som fosfor og nitrogen.



Figur 6: Hvordan Integrert Multitrofisk Akvakultur kan se ut, (Fisheries and Oceans Canada, 2013).

Hver art har sin plass og positive påvirkning i dette lille økosystemet. Og sammen sørger de for en mye mer lukket sirkel enn det oppdrettsnæringen er i dag (Leonczek, 2013). Dette er en

viktig tanke som oppgaven vil forsøke å sette lys på. Ved å utnytte ressursene vi har tilgjengelig i et bredere og mer bærekraftig perspektiv kan vi kanskje oppnå flere løsninger med mindre ressurser.

1.2 Problemstillingene

Denne oppgaven baserer seg på to typer problemstillinger; hovedproblemstilling og underproblemstillinger. Disse løses på forskjellig måte. Hovedproblemstillingen skal utredes med en praktisk og naturvitenskapelig forskningsmetode, mens underproblemstillingene skal utredes med en teoretisk og litteraturbasert tilnærming.

Hovedproblemstilling: "Vokser sukkertare raskere nært et fiskeoppdrettsanlegg hvor næringssaltinnholdet er høyt, sammenlignet med et sted hvor det er normal tilførsel av næringssalter?"

Underproblemstillingene utredes gjennom to litteraturstudier:

1. I første underproblemstillingen skal vi se på ulik anvendelse av sukkertare i dag.
2. I andre underproblemstillingen utreder vi utfordringene knyttet til verdens fosforressurser og ser på makroalgers rolle som mulig kilde til fosfor i fremtiden.

1.3 Introduksjon

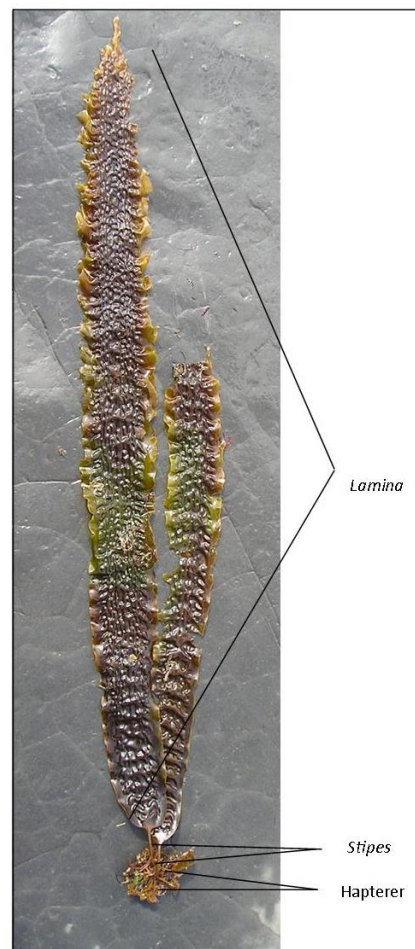
De fleste alger er av mikroskopisk størrelse, men mange former er også makroskopisk. De makroskopiske formene av alger er det vi i dag kaller makroalger eller populært tang og tare. (Brock *et al.* 1994). Alger er enten mikroalger (encellede) eller makroalger (flercellede). Når cellene er organisert fra ende til ende er det snakk om en trådformet alge. Fellesnevneren for mikro- og makroalger er at de alle er fotosyntetiske, og inneholder klorofyll (vedlegg 1). De trenger vann, CO₂, og næringssalter (nitrat, fosfat) (vedlegg 1) i tillegg til sollys for å vokse.

De store makroalgene brunalgene, rødalgene og grønnalgene som vi finner langs kysten, er det vi i Norge kaller ofte tang og tare (Indergaard, 2010). Disse er klassifisert ved at de er tråd- blære eller bladformede (Brock *et al.* 1994). Fargen skiller også makroalgene fra

hverandre. Alle inneholder klorofyll, men brun- og rødalger har fargepigmenter som dominerer over grønnfargen fra klorofyll. Grønnalgene har bare klorofyllpigmenter og er grønne. Makroalger som er rød- eller brunfargede er på grunn av at de inneholder karotenoidpigmenter som β -karoten og α -karoten. I tillegg til klorofyll har brunalgene fargestoffene fucoxanthin og neofucoxanthin. Rødalger har fargestoffet phycoerythrin i tillegg til klorofyll.

Makroalger er svært utbredt i grunne kystfarvann hvor de fester seg til stein- eller fjellgrunn også kalt hardbunn. På grunn av lystilgangen vokser de sjelden under 30 meters dyp, men i svært klare farvann kan de vokse ved 250 m dybde (Algeabase, 2014). Indergaard (2010) beskriver videre at tang er makroalger som vokser tidevannssonen, mens taren vokser under det laveste lavvannspunktet. De mest utbredte tangartene i Norge er brunalger som stortare, butare, fingertare og sukkertare. Butaren vokser som regel like under minste lavvannspunkt og tåler harde vær- og strømningsforhold. Det samme gjør stortaren, men den vokser enda dypere på 2-30 meters dyp. Stortaren utgjør faktisk 90 % av all tareskog langs Norges kyst. Ulike makroalger trives ved forskjellige temperaturer, makroalger kan ha idealtemperatur som ligger mellom 0-30 °C, alt ettersom om de er arktiske, kald-tempererte, varm-tempererte eller tropiske arter. I Norge har vi flest kald-tempererte arter som har sin idealtemperatur mellom 5-15 °C (Lüning, 1990).

I følge Indergaard (2010) er omtrent 10 000 km² av Norges kyst er dekket med makroalger. Dette tilsvarer hele Norges areal av dyrket mark. Tareskogen anses som et av de mest produktive ville plantesamfunn i verden, og binder hele 1000 g C/m²/år. Svenning *et al.* (2005) beskriver tang- og taresamfunnene som primærprodusent i havet og representerer derfor svært artsrike samfunn. I tillegg er disse samfunnene rike på næring og skaper godt skjul for flere marine organismer, blant annet mange fiskearter. Vi finner gjerne sei, lyr og torsk mellom tareplantene. På bunnen i tareskogen finner vi gjerne krepsdyr, muslinger, børstemark, isopoder, sjøsnegler og sjøstjerner.



Figur 7: Sukkertarens ytre oppbygning (Wikipedia, 2014).

Indergaard (2010) forklarer at tang og tare skiller seg fra vanlige blomsterplanter ved mangel på rot, stengel og bladet. I stedet har de festeorgan (hapterer), en stipes (stilk) og et lamina (blad), se figur 7. Det vil si at makroalger har ikke karsystem til indre transport av vann, sukker og mineraler som høyere planter har. Derimot tar de opp nødvendige kjemiske forbindelser ved hjelp av diffusjon fra vannet og inn i cellen.

Indergaard (2010) beskriver at på grunn av store forskjeller mellom vinter og sommer mht. sollys har de fleste makroalgene sesongvariasjoner i sin vekst. Den store tilførselen av fosfater og nitrater om høsten fra dypvann, sørger for at artene får rikelig med næringssalter. Lysenergien som algene absorberer lagres som karbohydrater (vedlegg 1) og gir makroalgene overskudd til å ta opp næringssaltene i løpet av høsten og vinteren. Når algene tar opp næringssalter, danner de proteiner, karbohydrater, kjemiske byggesteiner og vokser. Makroalgene har også noen «fiender». Ca. 40 % av årets stortareproduksjon går tilbake til naturen enten som avslitt vev, eller ved at gamle planter dør og råtner og blir revet opp av høst- og vinterstormene. Ekstra stormfulle år kan opptil 10 % av hele den stående stortarebestanden bli revet opp. Kråkeboller er en av makroalgens naturlige fiender, og regnes som den største trusselen for taresamfunnene langs Norskekysten. Det er anslått at kråkebollenes nedbeiting tilsvarer en årlig produksjon på 20 millioner tonn tare. Påvekst på makroalgene er også uunngåelig. Påvekst kan være andre store alger, diatomer, skjell, hydroider og mosdyr. Disse «stjeler» næringen eller lys fra tareskogen og hindrer fullt vekstpotensial. Ellers er også tareskogene utsatt for menneskelig påvirkning, ved innhøsting via båt.

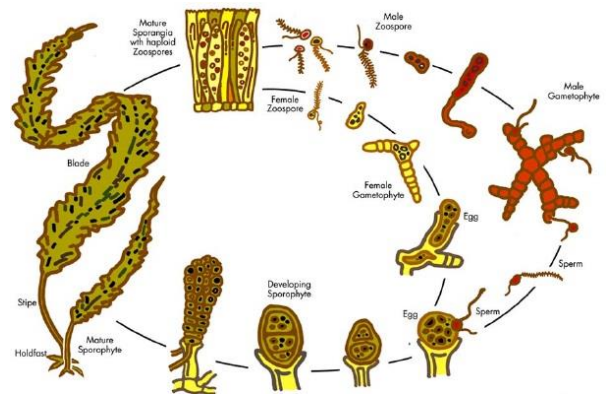
Sukkertare (*Saccharina latissima*)

Tidligere gikk sukkertare under navnet *Laminaria saccharina*. *Saccharina* betyr sukker på latin, og *laminaria* bladlignende. I følge Mouritsen (2013) kommer navnet fra det hvite pulveret som blir skilt ut når sukkertaren tørker, dette pulveret er mannitol som er en sukkeralkohol.

Livssyklus og morfologi

Moy og Kroglund (2006) beskriver sukkertaren. Den har en rund, glatt stipes (stilk) som er 5-50 cm lang og 5-8 mm bred. Bladet er langstrakt og udelt med en bølget rand og et buklet

midtparti. Bladet er normalt 10-30 cm bredt og 1-3 m langt. Sukkertarens stipe er et resultat av flerårig vekst, men bladet skiftes ut hvert år. Det nye bladet blir dannet mellom stipe og det gamle bladet. Samtidig som det nye bladet vokser ut, går det gamle bladet i oppløsning og forsvinner. Indergaard (2010) skriver at sukkertare kan nå en lengde på 3-4 meter fullt utvokst. Sukkertaren reproducerer seg (se fig 8) ved at en tareplante danner ukjønnede sporer.



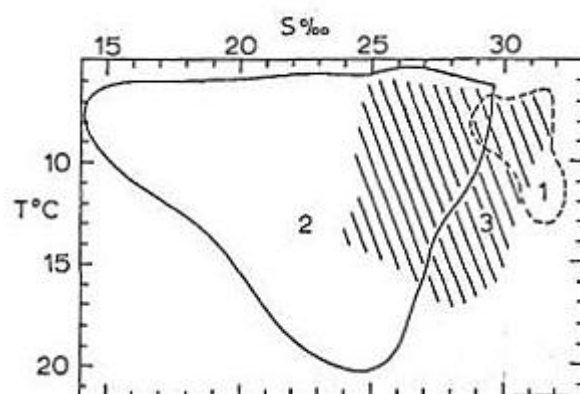
Figur 8: Reproduksjonssyklus hos sukkertare (Hortimare, 2013).

Disse vokser til mikroskopiske gametofytter som igjen produserer sporer som er hannkjønnede- og hunnkjønnede. Disse møtes og danner en zygote som vokser til en sporofytt. Sporofytten vokser opp og blir en makroskopisk tareplante.

Sukkertaren er en art med sesongvariasjoner. Den vokser mest om våren (mars-mai). På det meste kan den vokse inntil 1 cm i døgnet. Senere om sommeren og høsten er bladveksten minimal, fordi planten forbereder seg på en periode med mindre sollys. Sukkertaren bruker tiden på å fylle opp karbohydratlagrene via fotosyntese. På denne måten har den energi nok til å ta opp næringssalter om høsten og vinteren, samtidig som den begynner å vokse. Normalt blir sukkertaren 2-5 år gammel (Moy og Kroglund, 2006).

Utbredelse og artsspesifikke krav

Moy og Kroglund (2006) viser at sukkertaren er utbredt langs hele Norskekysten (figur 9), inkludert Svalbard. Utbredelsen strekker seg også sørover og man kan finne sukkertare så langt sør som i Portugal. Den vokser på fjell, stein og skjell fra lavvannspunktet og ned til 30 meters dyp. Den er vanlig i beskyttede til moderat bølgeutsatte lokaliteter. På eksponerte kystområder vokser den innimellom stortareskogen, men også dypere hvor stortaren ikke er fullt så dominerende. Den er mer sårbar for strøm, bølger og vind og forekommer mer spredt enn stortaren. Den vokser der forholdene er gunstige, eksempelvis i



Figur 9: Område 2 og 3 viser toleransen sukkertaren har i forhold til temperatur og salinitetskonsentrasjon, nr. 1 og 3 viser arten *L.groenlandica* med henholdsvis lang stilk og kort stilk (Druehl, 1967).

fjorder. Sukkertaren er tilpasset rolige farvann, og foretrekker skjermede områder. Disse lokalitetene må kunne dekke kravene til temperatur, sol, salinitet og næringssalter. Idealtemperaturen til sukkertaren er i følge Lüning (1990) mellom 5- 15 °C, men den kan overleve fra 0-20 °C. I og med at den er en kaldtvannsart vil den ikke tåle høye temperaturer over lengre tid. Sukkertaren er beskrevet som en voksevillig art i følge Indergaard (2010) og derfor øker behovet for næringssalter. For mye næringssalter om sommeren vil derimot føre til eutrofiering. I følge Moy *et al.* (2006) vil eutrofiering fremme hurtigvoksende oppvekst av trådalger og føre til nedslamming av hardbunnen. Sukkertaren fester seg på hardbunnen, så denne effekten vil være klart negativ. Hvor mye næringssalter som er optimalt er derfor vanskelig å si, fordi flere faktorer som sol- og temperaturforhold spiller inn.

Sukkertare er en av få makroalgearter hvor det finnes forskning på sammenhengen mellom salinitet og temperatur (Wiencke *et al.* 2014). Druehl (1967) konkluderer med at sukkertare har en bred toleranse for salinitet og temperatur, se figur 9.

Det skal nevnes at salinitetsverdier som var lavere enn 17 ‰ ikke ble testet av Druehl (1967). Resultater viste også at gametofytter utviklet unormale sporofytter dersom saliniteten var 26 ‰ og temperaturen 16 °C. Spurkland *et al.* (2011) testet sammenhengen mellom sollys og salinitet. Resultatene beskriver minkende vekst i takt med minkende salinitetsverdier, og at yngre individene utviklet seg ubetydelig under en salinitet på 13 ‰. Planter bleknet i fargen og døde ved salinitetsverdier under 10 ‰.

Sukkertaren sin tilstand i Norge

I 2006 var sukkertaren klassifisert nært truet (NT) på Norsk Rødliste (vedlegg 1) som følge av en sterk reduksjon i Skagerrak og Sør-Norge i perioden 2004-06 (figur 10). I følge Moy *et al.* (2009) og Andersen *et al.* (2013) skyldtes bestandsreduksjonen en rekke varme somre med sjøtemperaturer over 20 °C over lengre tid, samt oppblomstring av trådalger og påvekst som skygget ut sukkertaren. Det viste seg at de skjermede områdene med gode



Figur 10: Sukkertaren er utbredt i Norge. Rød stipling viser områder som har hatt nedgang i bestanden (Moy og Kroglund, 2006).

sollysforhold og roligere farvann ble hardest rammet mens sukkertaren overlevde i områder med tøffere sjø.

Artsdatabanken (2010) viser at sukkertaren ble klassifisert som livskraftig (LC) på Norsk Rødliste grunnet en betydelig økning i vekst og utbredelse perioden 2006-2010. Bestanden av sukkertare er fortsatt lav på flere steder, men det syntes ikke å være fare for at sukkertare er truet.

1.4 Forskningsfelt

Forbruk og dyrkning av makroalger som mat er globalt sett en ung næring. Kultivering av makroalger er derimot en gammel virksomhet som har foregått i Asia i flere århundre. Siden 1970 har kultivering av «marine planter» økt jevnt, med en årlig rate på 7,7 % (Buchholz *et al.* 2012). Forskningsfeltet for Integreerte Multitrofiske Akvakulturstasjoner (IMTA) utviklet seg først på 1970-tallet, hvor det da ble utviklet landbaserte anlegg (Ryther *et al.* 1979).

Fra tidlig 1990-tallet finnes det studier som tar for seg muligheten for produksjon av biodrivstoff ved å bruke makroalger som biomasse (Gao og McKinley, 1994). I Norge har det inntil nylig vært lite fokus på IMTA prosjekter (Leonczek, 2013). I Norge er IMTA et oppblomstrende forsknings- og utviklingsområde. Stadige flere prosjekter blir igangsatt og de fleste prosjektene knyttes opp mot energi- og biodrivstoffproduksjon eller alginatproduksjon (Bergslien og Helland, 2011).

Det finnes også rene makroalgeprosjekter som har som hovedformål å skape positive endringer i økosystem. For eksempel prosjektet "Porsangerfjorden tilbake til livet" (Bergslien og Helland, 2011) hvor poenget var å bidra til at en livløs fjord fikk mer liv.

Dyrking av makroalger som karbonfangst er også en del av et prosjekt som Havforskningsinstituttet står bak. Ved å dyrke tare, høste og dumpe det i et dypvannsdeponi kan en binde og langtidslagre 30 % av de norske CO₂ utlippene (Andersen *et al.* 2012).

Kapittel 2: Materiale og metode

2.1 Oppgavetype og design

Oppgavetype

Vår oppgave er basert på egne resultater, og er definert som en naturvitenskapelig oppgavetilnærming (hovedproblemstilling) (vedlegg 1). I tillegg har vi to mindre litteraturstudier (underproblemstillinger).

Valg av litteratur

I søk av litteratur har vi alltid prøvd å nå primærkilden. En primærkilde er den eldste bevarte kilden til en begivenhet og den kilden som ligger nærmest begivenheten i tid. Men vi var nødt til å bruke noen sekundærkilder i tilfeller hvor primærkilden har vært krevende å få tak i. En sekundærkilde bygger på en primærkilde ved at den henviser eller refererer til primærkilden. I valg av litteraturkilder har faglighet og validitet vært svært viktig.

Databaser vi har søkt i for å finne datakilder: ScienceDirect, Bibsys, Google Scholar, Google, Nasjonalbiblioteket, Wiley og Springer

Søkeord vi har benyttet er: Bioenergy, energy efficiency, macro-algae, algae, cost-analysis, phosphorus, chemical fertilizer, renewable energy, *Saccharina latissima*, *Laminaria saccharina*, brown algae

HMS

Oppgaven bryter ikke med lover og nødvendige miljøhensyn er tatt. Et eksempel er nøye undersøkelser av mulig sykdomsoverføring til laks ved utsetting av sukkertaren fra Solund til oppdrettsanlegg Eikefjorden.

Vi har tatt forhåndsregler ved risikovurdering under datainnsamlingen, blant annet ved bruk av redningsvest (figur 12), tørrdrakt, varme klær og nøye gjennomgang av værmeldingen.

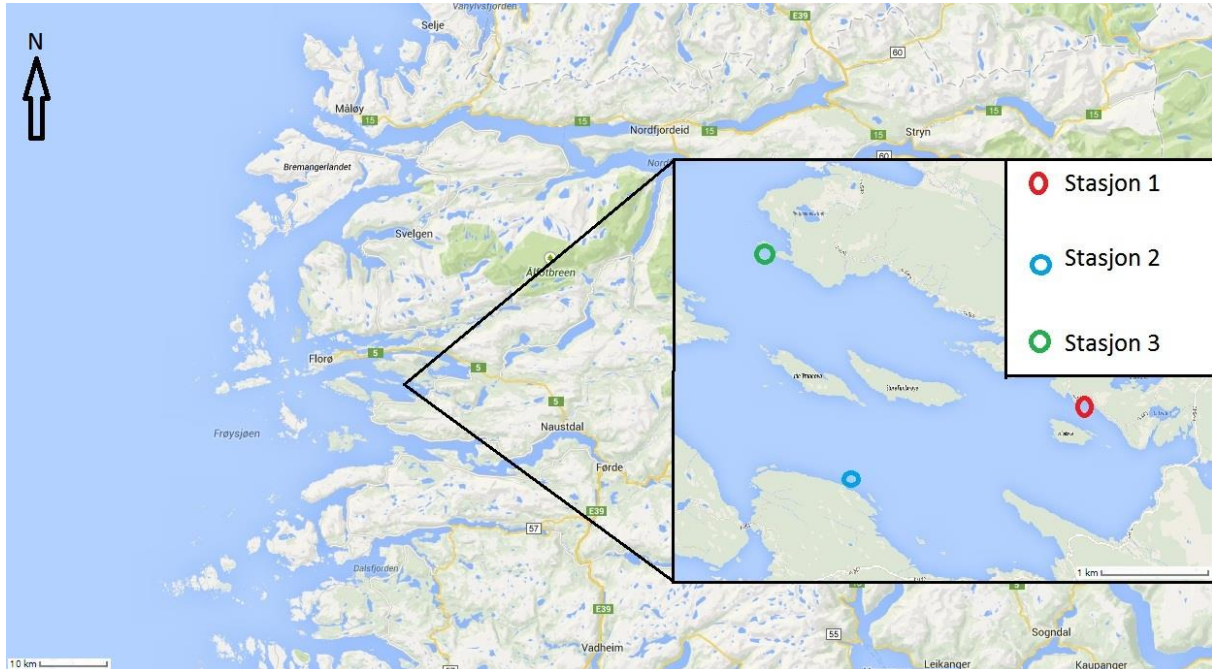
2.2 Stasjonsbeskrivelse

Plasseringen av forsøksstasjonene ble lagt til Eikefjorden, som ligger rett Øst for byen Florø i Sogn og Fjordane fylke (se figur 11).

Klima

Eikefjorden har et mildt klima som er typisk for kysten på Vestlandet. Dette skyldes golfstrømmen som strømmer opp langs Norskekysten. Kysten på Vestlandet er svært utsatt for vind og Eikefjorden er intet unntak, men holmer i fjorden er med på å skjerme lokalitetene for visse vindretninger. I følge Beldring *et al.* (2002) vil det falle mye nedbør i fjordsystemer som Eikefjorden. De store nedbørmengdene i Norge og særlig på Vestlandet, skyldes de atlantiske lavtrykksområdene som beveger seg fra sørvest mot nordøst langs grensen mellom tempererte

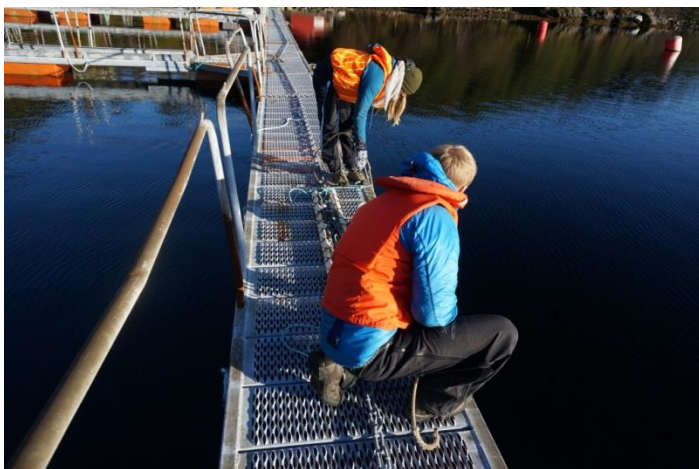
og arktiske luftmasser. Eikefjorden vil ha lavest tilførsel av ferskvann om sommeren og høyest om høsten og vinteren, som følge av forsterket vestavindsdrift. Variasjoner vil forekomme ved kalde vintre da snø samler seg opp på fjelltopper og smelter om våren.



Figur 11: Oversiktskart, Stasjon 1 er Steinvik fiskefarm med oppdrettsanlegget, stasjon 2 er Sveholmane og stasjon 3 er Kjeholmen, (Google maps, 2014).

Stasjon 1: Steinvik fiskefarm

Ligger ved Steinvik fiskefarm ved et oppdrettsanlegg som er i full drift (figur 12) og (figur 11 for stasjonoversikt). Solforholdene er gode fordi anlegget ligger sydvestvendt. På grunn av at stasjonen ligger langt inne i Eikefjorden, vil være den få mye ly for vind og vær. Oselva en relativt stor elv som munner ut knapt en kilometer øst for denne stasjonen.



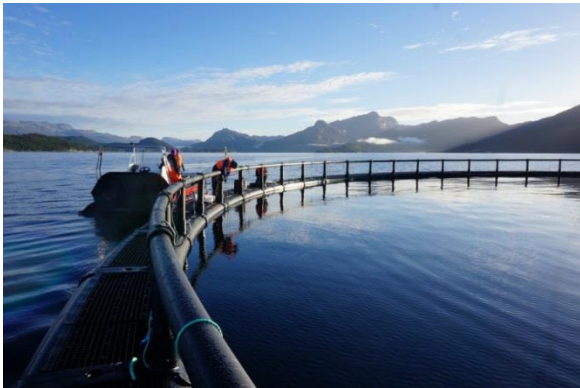
Figur 12: Stasjon 1 den 30. oktober 2013, HMS er ivaretatt med redningsvester.

Stasjon 2: Sveholmane

Ligger ved et brakklagt oppdrettsanlegg på sørsiden av Eikefjorden (figur 13). Her er det flere små bekker som renner ut i fjordarmen både utenfor og innenfor stasjonen. Den ligger godt skjermet mot vestavind, men skygges av fjell og får derfor ikke mye lys i vinterperioden.

Stasjon 3: Kjeholmen

Ligger på nordsiden av Eikefjorden festet med et landtau (figur 14). Her er lysforholdene gode, men er mer utsatt for vind enn de andre stasjonene. Dessverre var denne riggen som vi hadde plassert her borte ved planlagt høsting 31.01.14.



Figur 13: Stasjon 2 den 30. oktober 2013.



Figur 14: Stasjon 3 den 30. oktober 2013.

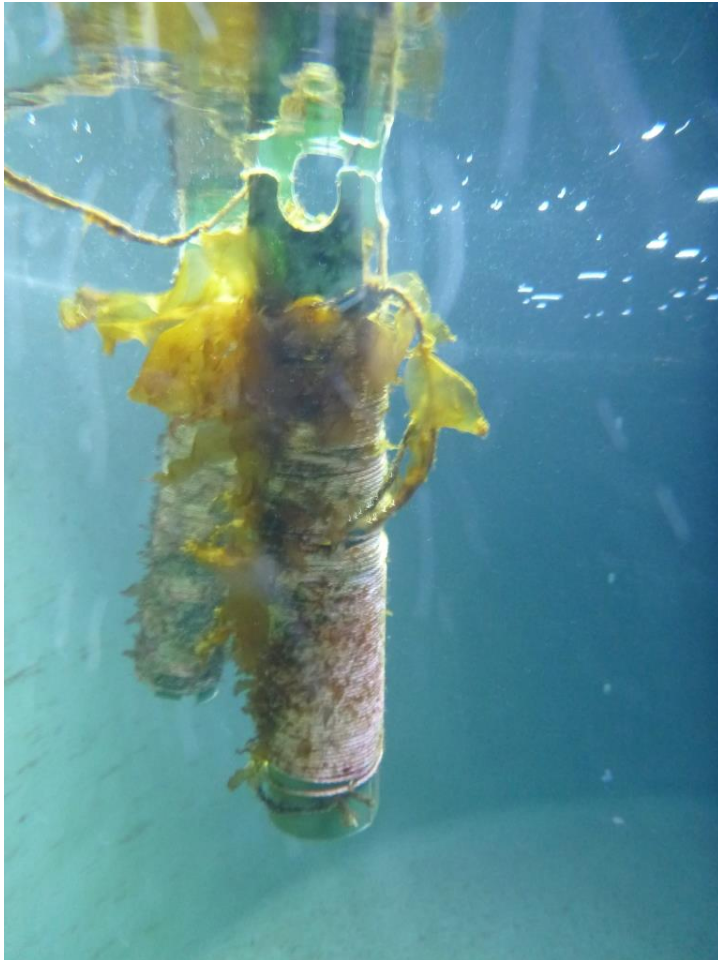
Stasjon 4: Skjær

Stasjon 4 ligger på en forskningsstasjon for akvakultur som ligger i Sogndal kommune, Sogn og Fjordane fylke. Denne stasjonen var tenkt som en reservestasjon hvis det skulle skje noe med tareprøvene på de øvrige stasjonene. Denne stasjonen er i et kar på land. Vannet som pumpes inn i denne tanken er hentet fra 40 meters dyp og har høye konsentrasjoner av næringssalter siden vannet kommer fra fjordens bassengvann under den eufotiske sonen. Datainnsamling ble gjort på Skjær da stasjon 3 var borte.

2.3 Konstruksjon og montering

Levering av tareprøvene og mellomlagring

Tarelinen med stiklingene ble levert til oss på to coiler 4. oktober 2013 fra Hortimare AS i Solund. Disse hang ute i en tank på Skjær akvakultur til 30. oktober (figur 15), før de ble montert i havet. Grunnen til at vi måtte mellomlagre de var fordi stiklingene vi fikk var små. Stiklingene vokste her til de fleste var ca. 1 cm lange. En annen grunn for mellomlagringen var akklimatisering til kaldere forhold i havet. I Solund hadde stiklingene en temperatur på ca. 13 C°, i tanken på Skjær var det en temperatur på ca. 7 C°.



Figur 15: Stiklingene ble levert på to coiler som var ca. 40 cm lange, Skjær 25.10.13.

For at sukkertaren skulle få optimale vekst- og dybdeforhold måtte vi sørge for å utvikle en god rigg som stiklingene kunne vokse fra. Nedenfor beskriver vi hvordan vi konstruerte riggene. Hvilket utstyr som var nødvendig til konstruksjon av riggene (tabell 1), samt hvordan monteringen av riggene og tarestiklingene foregikk blir også beskrevet her.

Konstruksjon av riggene

Tabell 1: Utstyr til konstruksjon av riggene.

Utstyr til riggene	Antall	Spesifikasjoner
Bærebjelker	6	1,70 m. 2 x 2 tommer.
Bæretau	20 cm x 36 stk.= 7,2 m	8 mm polyester tau.
4 L dunker	12	Fylles med sand, grus og sjøvann.

Verktøy: Boredrill, 15mm bor, sprittusj, tommestokk, blyant, vinkel

Riggen ble konstruert slik at tareprøvene skulle henge på 0,5 m dyp og 2 m dyp. Tareprøvene ble festet i bærebjelkene som hang på disse dypene. Ved bruk av et solid bæretau og ankervekt i form av 4L dunket med grus og sjøvann, sørget vi for at bjelkene når disse dypene.

Det ble laget tre rigger med to bærebjelker på hver rigg. Hver rigg holdt 12 tareprøver, det vil si 6 tareprøver per bjelke.

1. Vi kappet først opp 6 bærebjelker med dimensjonen 2 x 2 tommer på 1,70 m lengder.
2. Deretter boret vi et 15 mm hull i hver ende av bjelkene (tilsammen 12 hull).
3. Videre merket vi områdene på bjelken hvor hver tareprøve skulle henge (seks tareprøver per rigg) ved hjelp av tommestokk, vinkel, sprittusj. Vi gav hver tareprøve et nummer fra 1-36. 20 cm av bjelken ble satt av til hver tareprøve med 5-10 cm mellomrom.
4. Deretter startet vi monteringen av bæretauene. Disse ble festet i hullene, som vi boret, med knuter på begge sider av hullet for å unngå vandring. Det skal være 0,5 m fra øverste bjelke til vannoverflaten og 2 m fra nederste bjelke til vannoverflaten.
5. 4L dunkene ble fylt med sand, grus og sjøvann (figur 16). Disse ble brukt som søkke ved montering av riggene.



Figur 16: 4 L dunk til bruk som søkk.

Tareprøver

Verktøy: Taukutter, registreringsskjema, blyant, merkelapper, tusj, saks, tommestokk, kamera, vekt (OHAUS E4000D), strips, sjøvann, gilde-kasse

Tareprøvene ble festet til riggen før den ble senket ned i vannet. Selve konstruksjonen og forberedelsene av tareprøvene ble gjort i laboratorium, se tabell 2 for utstyret vi brukte her. Monteringen av prøvene på bjelkene ble gjort ute ved stasjonene. Under forklarer vi prosessen vi gjorde med tareprøvene i laboratoriet før vi monterte prøvene.

1. Ved hjelp av en taukutter lagde vi 36 x 20 cm taustumper av 18 mm polyestersilketau (figur 17).
2. Videre kuttet vi 36 x 1 m av tareline som var rullet på to coiler. På tarelinen var de små sukkertare-stiklingen festet.
3. For hver 20 cm taustump, ble 1 m tareline rullet rundt (figur 18). Dette ble gjort ved å knytte tarelinen i den ene enden av taustumpen (grunntau) og rulle det jevnt rundt grunntauet til den andre enden.
4. Deretter ble hver ende festet med strips, hvor også en merkelapp ble festet innpå den ene stripsen (markert 1-36).

5. Systemet bestående av grunntau, tareline, strips og merkelapp ble tørket med tørkepapir og lagt på en vekt (figur 19).

6. Hver prøve (1-36) ble veid, og notert opp i Excel.

7. Hver tareprøve ble lagt i en egen merket pose som inneholdt litt sjøvann.

8. Tareprøvene ble lagt i en Gilde-kasse og klargjort til transport.

Tabell 2: Utstyr til tareprøvene

Utstyr til tareprøvene	Antall	Spesifikasjoner
Tareline	36	1 m pr. tareprøve. Tynt bomullstau som taren gror på.
Grunntau for tare	36	20cm for hver tareprøve. 18 mm polyestersilketau.
Strips	36	Små strips.
Zip-lock poser	36	Fylles med litt sjøvann.
Merkelapp	36	Vannfast type.
Gildekasse	1	



Figur 17: Taustumpene (20 cm) ble kappet med en taukutter. Figur 18: Tarelinen ble rullet innpå taustumpene.



Figur 19: Startvekten av taustump, tareline, strips og merkelapp ble tatt.

Montering av riggene ved stasjonene

Alle riggene ble montert og satt ut samme dag, den 30. oktober 2013. Under vil vi forklare fremgangsmåten for montering ved hver stasjon.

Stasjon 1 og 2: Steinvik fiskefarm og Sveholmane

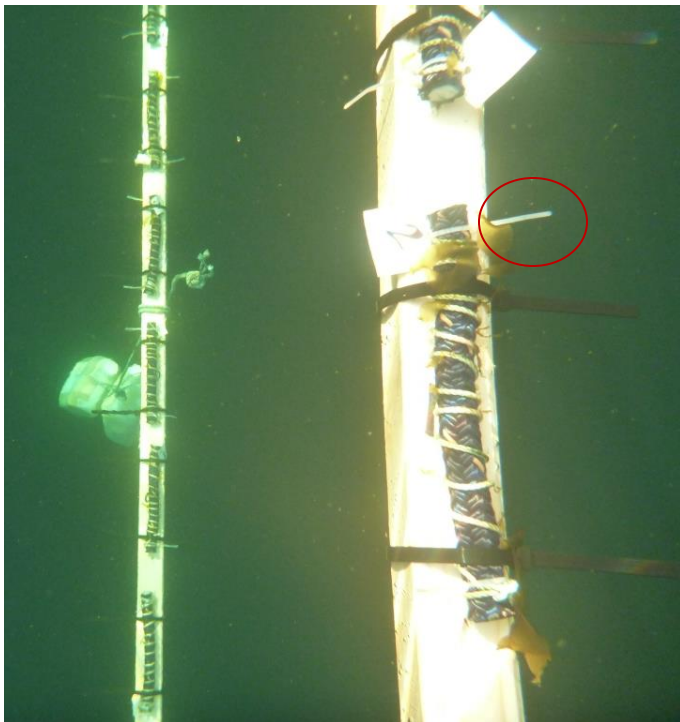
Monteringsprosessen ved Stasjon 1 på Steinvik fiskefarm (figur 20) og stasjon 2 på sørsiden av Eikefjorden (figur 22) var lik. Begge stasjonene ligger ved et oppdrettsanlegg. Forskjellen er at oppdrettsanlegg ved stasjon 2 var uten nøter og fisk. Tabell 3 viser utstyret som ble brukt.

Tabell 3: Utsyr til montering av rigg på stasjon 1, Steinvik fiskefarm og stasjon 2, Sveholmane.

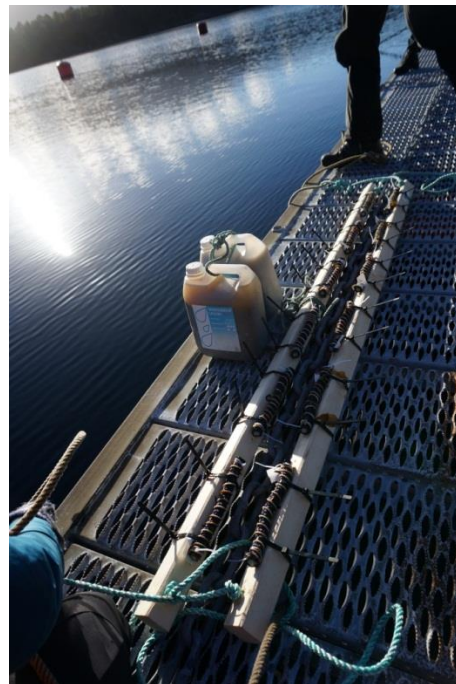
Utstyr til montering	Antall	Spesifikasjoner
Rigg	1 * 2	
Bæretau til anker	1 * 2	8 mm polyester tau. 1,5 m
4 L dunker	3 * 2	Fylt med sand og sjøvann.
Strips	12 * 2	Store strips.
Tareprøver	12 * 2	Nr. 1-12 (stasjon 1), 13-24 (stasjon 2)

Nedenfor blir monteringsprosessen for begge stasjonene forklart:

1. På stasjon 1 ble tareprøve 1-12 stripset fast til riggen på de markerte stedene på bærebjelkene. På referansestasjonen på sørsiden av Eikefjorden ble tareprøve 13-24 stripset fast. Prøvene ble festet på oversiden av bjelkene, slik at taren skulle få mest mulig sollys.
2. Bæretauet ble knyttet fast til de tre 4L dunkene som var fylt med sand. Den andre enden av bæretauet ble festet fast i den nederste bærebjelken med et dobbelt halvstikk.
3. Riggen ble festet til oppdrettsanlegget.
4. Hele systemet (rigg + søkk) ble senket ned i vannet (figur 21). Vi foretok kontrollmålinger for å forsikre at tareprøvene lå på 0,5 m og 2 m dyp.



Figur 20: Stasjon 1, Steinvik montert under vann. Rød ring viser ende av strips som skadet noe sukkertare.



Figur 21: Rigg og søkke klar til å senkes i vannet.



Figur 22: Stasjon 2, Sveholmen montert.

Stasjon 3: Kjeholmen

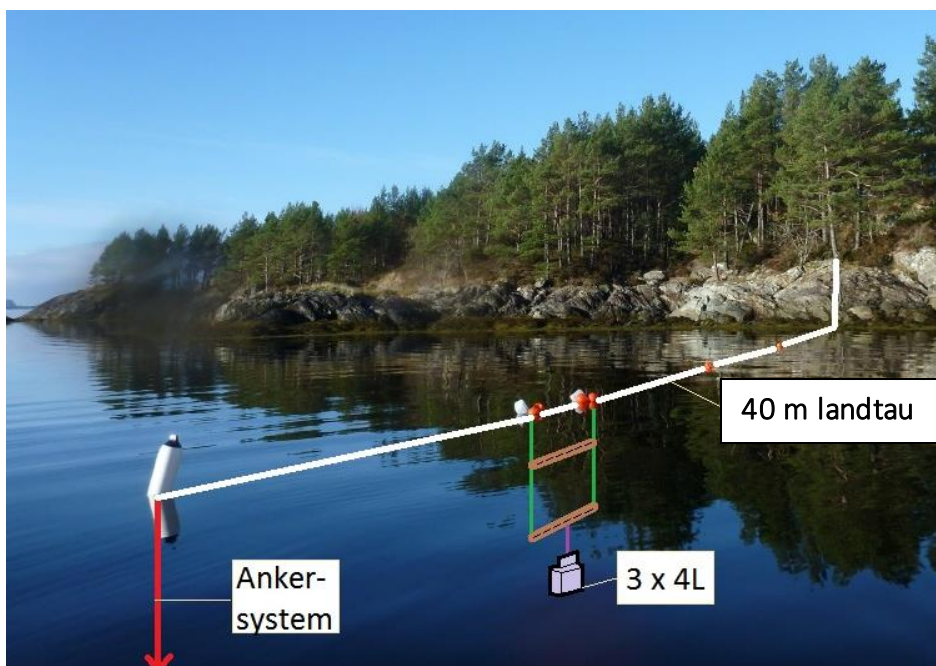
Monteringen var litt mer komplisert fordi riggen måtte flyte i havet og samtidig være festet til land med et landtau (figur 23). Tabell 4 viser utstyret vi brukte. Prosessen for montering av den referansestasjon var som følger:

Tabell 4: Utstyr til montering av rigg ved Kjeholmen.

Utstyr til montering	Antall	Spesifikasjoner
Rigg	1	
Bæretau til søkk	1	8 mm polyestertau. 1,5 m.
4L dunker	8	Seks fylt med sand og vann, og to tomme.
Strips	12	Store strips
Tareprøver	12	Nr. 25-36
Linetau	2	10 m til kjettinger, 40 m til landtau
Kjetting	2	Busshjul-kjetting og galvanisert kjetting
Små blåser	4	20 cm diameter.
Fender	1	Båtfender hvit.
Sjakler	1	Mellom kjettinger. Syrefast.
Karabiner	2	Uten låsefunksjon.
Plastbeskyttelse	1	2-3 m, til landtau.

1. Tareprøve 25-36 ble stripset fast til riggen på de markerte stedene på bærebjelkene.
2. Bæretauet til ankeret ble knyttet fast til tre 4L dunker som var fylt med sand. Den andre enden av bæretauet ble festet midt på den nederste bærebjelken med et dobbelt halvstikk.
3. Busskjettingen og den galvaniserte kjettingen ble koblet sammen ved hjelp av en syrefast sjakkel. Kjettingssystemet ble festet med en syrefast sjakkel til tre 4L dunker fylt med sand.

4. Et linetau ble knyttet fast kjettingsystemets andre ende. Linetauet (10 m) ble så festet i en hvit fender. Hele systemet (dunker, kjetting, linetau) ble sluppet ned til 10 meters dyp slik at fenderen fløt i vannoverflaten.
5. Et annet linetau (40 m) ble festet i fenderen og trukket inn mot land. Dette ble festet i et tre. For å beskytte linetauet mot slitasje mot svaberget, ble det beskyttet med en 1-meters plastslange.
6. Riggen ble så festet til landtauet ved hjelp av to karabinkroker og sunket ned i dypet. For å bidra til ekstra flyteevne ble to tomme 4L plastdunker og to små, røde blåser festet like over riggen.
7. For å bidra til ekstra synlighet ble to små røde blåser også festet til landtauet lenger inn mot land.



Figur 23: Stasjon 3 montert med illustrasjon.

Stasjon 4: Skjær

Monteringen ble foretatt 1. november 2013. I et kar på Skjær hang vi ut seks tangprøver (A-F) i en tverrligger over vannkaret. Se figur 24.

På denne stasjonen var tareprøvene i et kar som var 1,5 m dypt. Derfor hang vi prøver kun ved 0,5 m dyp her.

1. Tareprøvene var identiske med prøvene på stasjon 1, 2 og 3.
2. Vi målte opp tau som ble bundet opp i bjelker som lå over karet.
3. Strips ble brukt til å feste og justere tareprøvene til 0,5 m dyp.



Figure 24: Oppsett av tareprøver.

2.4 Gjennomføring av datainnsamling

To innsamlinger

Vi utførte vår første datainnsamling den 31. januar 2014. Da hadde tareprøvene vært i fjorden 93 dager. På denne innsamlingen avmonterte vi halvparten av tareprøvene (18 stykk), og valgte å avmontere oddetallsnummererte prøver. Den andre og siste innsamlingen ble gjennomført den 21. mars 2014. Disse prøvene hadde lengst vekstperiode (142 dager). På innsamlingen hentet vi de siste prøvene som følgelig var partall. Prosedyren for avmontering av prøvene var den samme på begge innsamlingene:

Vi tok med oss ferdig rengjorte zip-lock poser som var nummerert i oddetall / partall. For avmonteringen brukte vi en saks. Prøvene ble lagt i sine respektive poser med litt sjøvann for å holde på fuktigheten, posene ble lagret i en kjølebag under transport tilbake til laboratorium. Utstyret som ble brukt var også det samme på begge innsamlingene:

Utstyr: Saks, kjølebag, tangposer, CTD (SAIV SD204), pH-måler, secchiskive, vannprøveglass + personlig utrustning

Beskrivelse stasjonsvis

Stasjon 1: Steinvik Fiskefarm

Ved den første innsamling (31. januar 2014) var værforholdene opphold, NØ svak vind og det var lite bevegelse i vannmassene. Vi klippet av prøve nr. 1, 3, 5, 7, 9 og 11. Her viste det seg at all tangen på hele riggen var borte, men vi avmonterte prøvene likevel (se figur 25). Ved den andre innsamlingen (21. mars 2014) var værforholdene regnbyger, S laber bris og lite bevegelse i vannmassene. Det viste seg at tareprøve 8,10 og 12 fra 2 m dyp var i live, til tross for at de tilsynelatende så døde ut ved den første innsamlingen. De hadde vokst bra, men hadde en del påvekst i form av trådlignende alger. Vi avmonterte disse tre tareprøvene.



Figure 25: Trådlignende påvekst på rigg og tareprøver fra stasjon 1:Steinvik fiskefarm, 21. mars 2014.

Stasjon 2: Sveholmane

Ved den første innsamlingen var værforholdene vind fra nord-øst i 6 m/s styrke. På havet var det krappe bølger. Tareprøve 13, 15, 17 (0,5 m) og 19, 21, 23 (2 m) ble klippet av riggen. Disse prøvene var fine og uten særlige skader. Ved den andre innsamlingen var det vind fra sør-sørvest i ca. 10 m/s styrke. På grunn av leeffekter fra land var det lite bevegelser i vannmassene. Tareprøve 12, 14, 16, (0,5 m) 18, 20 og 22 (2 m) ble klippet av riggen. Prøvene var i god stand.

Stasjon 3: Kjeholmen

Ved den første innsamlingen var værforholdene vind fra nord-øst i 2-3 m/s styrke. Det var lite bevegelse i vannmassene, på grunn av le-effekter fra land. Her var riggen med tareprøvene forsvunnet, men blåser og landtau var inntakt. Sansynligvis er det karabinerene som har åpnet seg ved store vannbevegelser under de mange stormer i vekstperioden.

Stasjon 4: Skjær

I et oppbevaringskar på Skjær hang vi ut seks tangprøver (A-F) i en tverrligger som ligger over karet. Vannet som pumpes inn i denne tanken er hentet fra 40 meters dyp og har høye konsentrasjoner av næringssalter siden vannet kommer fra bassengvannet under den euforiske sonen. Disse tangprøvene vil derfor få tilnærmet like vekstforhold som prøvene på Steinvik fiskefarm, med tanke på tilførsel av næringssalter. På grunn av den grunne dybden på karet ble det kun hengt ut tangprøver på 0,5 m.

Ved den første innsamlingen hentet vi prøve A, C, og E. Disse prøvene var i god stand. Ved den andre innsamlingen hentet vi prøve B,D og F som også var i god stand.

Hydrografimålinger

Under monteringen den 30. oktober 2013, og ved begge innsamlingene ble det foretatt hydrografimålinger på stasjonene. Disse innebærer målinger av salinitet, temperatur, oksygeninnhold, egenvekt, klorofyll- og partikkelinnhold (vedlegg 1). Det ble ikke foretatt videre hydrografimålinger på stasjon 3 da riggen var forsvunnet. Vannmålinger for stasjon 4 ble ikke tatt i perioden 30. oktober 2013- 21.mars 2014 da den i utgangspunktet var en reservestasjon som har stabile vannverdier. Hydrografi målinger ble tatt fra 11.-29. oktober 2013 da coilene med stiklingstauet ble oppbevart her.

Fremgangsmåte for målingene

Siktedyp ble gjort ved å senke en secchiskive (vedlegg 1) ned i vannet. Linene som skiven ble senket ned med, hadde en knute for hver meter. Når vi ikke kunne se skiven lenger ble dypet registrert. De andre målingene ble gjort ved hjelp av en CTD. Denne ble senket sakte ned i havet. Målingene på Skjær ble gjort ved hjelp av et termometer for å måle temperatur. Salinitet ble målt ved hjelp av et densimeter som gav oss egenvekten. Ved hjelp av egenvekt og temperatur kunne vi lese av salinitetsverdien i et nomogram. Se vedlegg 1 for beskrivelse av disse instrumentene.

2.5 Etterarbeid på laboratorium

Følgende arbeid ble gjort på laboratorium etter begge innsamlingene:

1. Vi tok våtvekten av tareprøvene på Ohaus E4000D.
2. Vi målte også lengden (figur 26), maks bladbredde og stilk-lengden (figur 27) på de tre lengste tareeksemplarene fra hver prøve.
3. Vekt- og lengde målinger førte vi ned på et excel-ark.
4. Tareprøvene ble deretter fryst (-18°C)



Figur 26: Maksimum lengde (andre innsamling). Figur 27: Stilklengde (andre innsamling).

Vi utnyttet også tauene med de døde tareprøvene fra stasjonen 1. Disse rensket vi for påvekst og tok våtvekten av tre taustumper (20 cm), tre tareliner (1 m), merkelapper og strips. Deretter tok vi gjennomsnittet av vekter og fikk en standardisert våtvekt vi kan trekke fra hver prøve for å finne biomassen. Se figur 29.

Delprøver og våtvekt

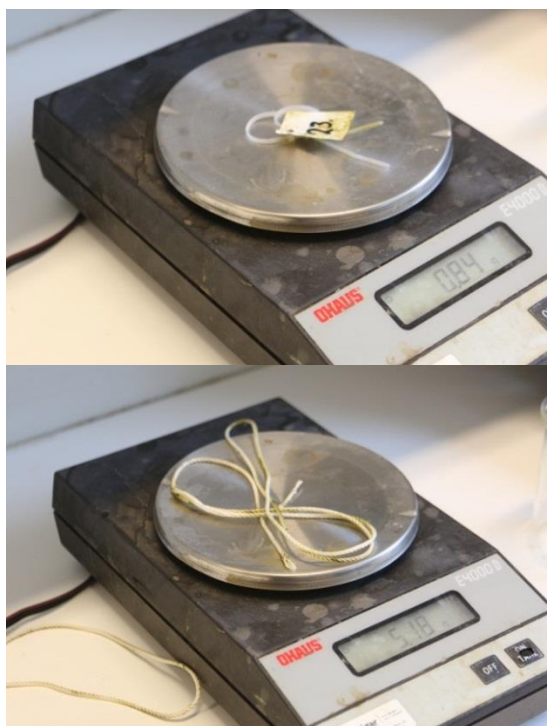
Den 4. april 2014 klargjorde vi diglene som vi skulle bruke til tørking og brenning av tare. Disse ble rengjort og lagt i tørkeskap over helgen.

Den 7. april 2014 startet vi videre etterarbeid på laboratorium:

1. Det første vi gjorde var å hente tareprøvene fra fryseren og legge dem til tining.
2. Diglene som tareprøvene skulle ligge oppi ble veid, slik at denne vekten kunne trekkes fra regnskapet i etterkant.
3. Når prøvene var tint, startet vi å klippe sukkertaren av bæretauet de hang på. Stilkene ble ikke tatt med og vi klippet kun av selve tarebladet. Derfor blir biomassen vi putter i diglene en delprøve fordi vi ikke tar med all taren fra prøven.
4. Diglene ble nummerert flere steder etter sin respektive tareprøve (delprøve) (figur 28).
5. Deretter ble delprøvene lagt i diglene og lagt på vekten en etter en, for å måle våtvekten. Dette ble gjort med en to-desimaler, Ohaus E4000D.
6. Etter at delprøvenes våtvekt (figur 27 og 28) var tatt, la vi prøvene til tørking i tørkeskap ved 105 °C.



Figur 28: Tint delprøve til veiing.



Figur 29: strips med merkelapp og tarelinen, måling av gjennomsnittsvekt.

Tørrvekt og askevekt

Den 8. april hentet vi de ferdig tørkede delprøvene fra tørkeskapet. Vi så med en gang at mye av den tørre sukkertaren hadde mye hvitt pulver på overflaten, se figur 33.

Figur 31 og 32 viser forskjellen mellom tørrvekt og askevekt fra samme prøver.

1. Det første vi gjorde var å ta tørrvekten av alle delprøvene. Dette ble også gjort med en to-desimalersvekt, Ohaus E4000D.

2. På grunn av at biomasseinnholdet var så lite i tolv av diglene måtte vi veie disse på ny i en fire-desimalersvekt, Precisa 125.

3. Etter dette var gjort, brukte vi de neste dagene til å brenne prøvene fortløpende i en forbrenningsovn (Heraeus MR170, figur 30), med en temperatur på 550-600 °C. Noen prøver ble brent 1-2 dager lenger enn andre prøver.

5. Etter brenningen ble askevekten målt på Precisa 125. Den 9. april tok vi ut de seks delprøvene av brenningsovnen som hadde stått over natten.



Figur 30: Forbrenningsovnen Heraeus MR170.



Figur 31: Tørket tare til venstre og aske til høyre av delprøve 12.



Figur 32: Tørket tare til venstre og aske til høyre av delprøve 12.



Figur 33: Salt og mulig mannitol (hvitt overflatepulver) som er skilt ut etter tørking.

2.6 Utregninger

Hydrografimålinger

Ved visuell fremstilling av hydrografidata har vi brukt verdier som ligger nærmest 0,5 m og 2 m. Verdier for pH målinger er ikke tatt med da pH-meteret ikke var nøyaktig nok.

Våtvekt, tørrvekt, glødetap og askevekt

Ved hjelp av våtvekt, tørrvekt og askevekt har vi kunnet regne ut vanninnhold, glødetap og askeinnhold for alle stasjonene etter hver innsamling.

Vanninnhold i sukkertaren er differansen mellom våtvekt og tørrvekt. Glødetapet er differansen mellom tørrvekt og askevekt, og er med på å avgjøre hvor mye organisk materiale som finnes i biomassen. Askevekten er det resterende produktet av biomassen etter at tørrmassen er forbrent.

Vekst

Utrekning av vekst ble gjort både i gram og i prosent. Utrekningen for vekst i gram er enkel da vi har regnet ut gjennomsnittsbio Massen/vekten fra de forskjellige dypene og stasjonene.

Slik er regnestykket for vekst i gram:

$$\text{Startvekt} = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3} \quad \text{Første innsamling} = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3} \quad \text{Andre innsamling} = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}$$

Bokstaven n er et uttrykk for en ren tarevekt. Startvekter ble skapt ved å trekke fra tarelinen, merkelapp, strips og forhåndsveid taustump. Tre av startvektene for tarestiklingene våre ble negative, for disse er gjennomsnittstallet fra alle startvektsnummerene bruk.

For utregning av prosent brukte vi en vekst formel for kontinuerlig vekst. Startfunksjonen så slik ut: $\text{Startvekt} \times e^{\text{vekstprosent/dag} \times \text{tid}} = \text{Sluttvekt}$

Siden det er vekstprosenten som er ukjent for oss, ble vår ligning ved omgjøring slik:

$$\text{Vekstprosent/dag} = (\ln(\text{total vekst} / \text{startvekt}) / \text{dager}) \times 100$$

Bladlengde, stilk lengde og bladbredde er målt for alle stasjonene på begge dyp. Verdiene for stasjonene er gjennomsnittstall av de 3 største plantene.

Lengde/Bredde koeffisient

Ga oss et tall for forholdet mellom lengde og bredde. Utrekningen som ble foretatt plantens lengde delt på bredde:

$$\text{Koeffisient} = \text{lengde/bredde}$$

Ved å lage en koeffisient av lengde- og breddetallene kan vi se om forholdet mellom de forandrer seg etterhvert som planten vokser. Altså hvorvidt plantene får en mer eller mindre kvadratisk form. Jo nærmer tallet blir 1 desto mer kvadratisk er veksten (isometrisk vekst). Når koeffisienten er stor betyr det at taren har vokst mer i lengden enn bredden rektangulær vekst (allometrisk vekst).

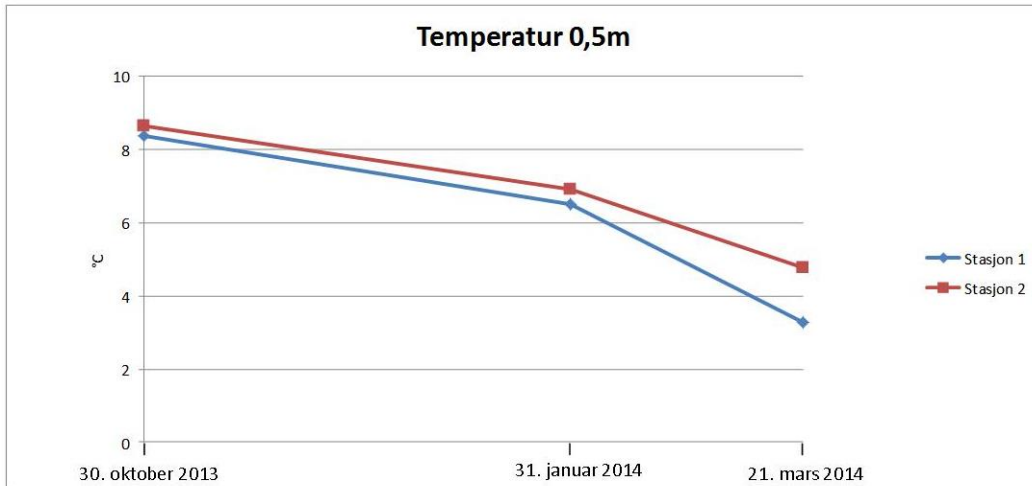
Kapittel 3: Resultater

3.1 Klima og miljøbetingelser

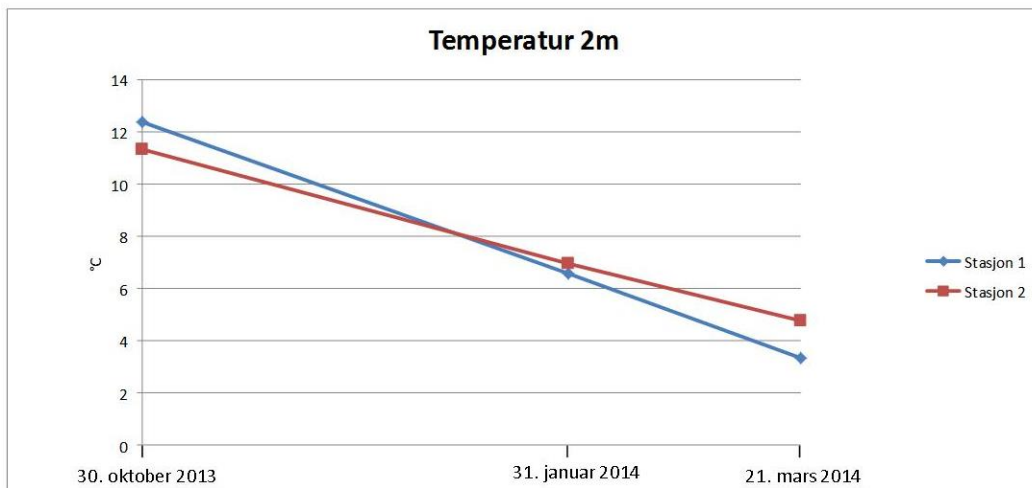
Temperatur

Målingene ved 0,5 m viser rett over 8 C° på begge stasjonene ved utsetting 30. oktober deretter sank den til 7 C° i januar. Temperaturen avviker mest 21. mars, da var temperaturen ved stasjon 1 ca $3,5\text{ C}^\circ$ og ca $4,7\text{ C}^\circ$ ved stasjon 2 (figur 34)

Ved 2 m dyp starter temperaturen på ca 12 C° ved utsetting, på de to neste målingene er temperaturen for de to forskjellige dypene svært like (figur 35)



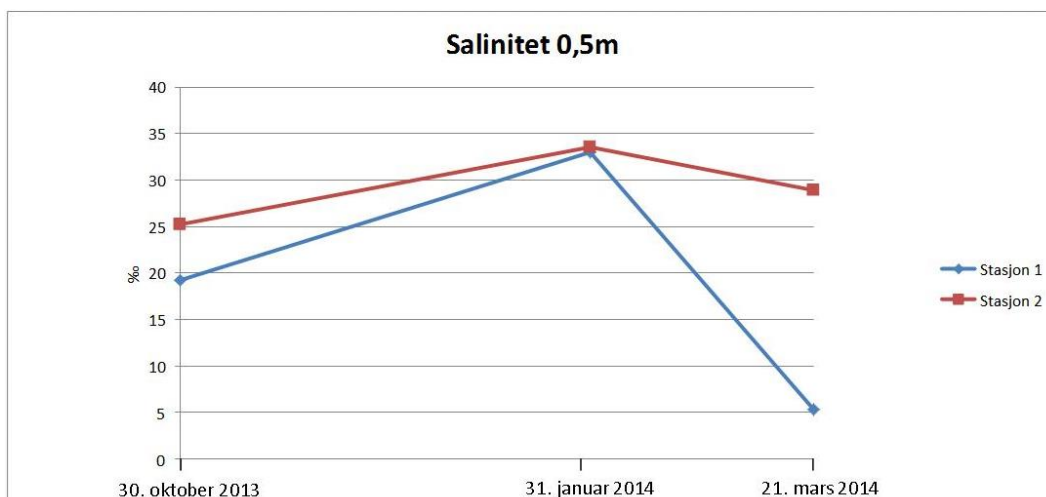
Figur 34: Temperatur på 0,5 m dyp ved stasjon 1 og 2.



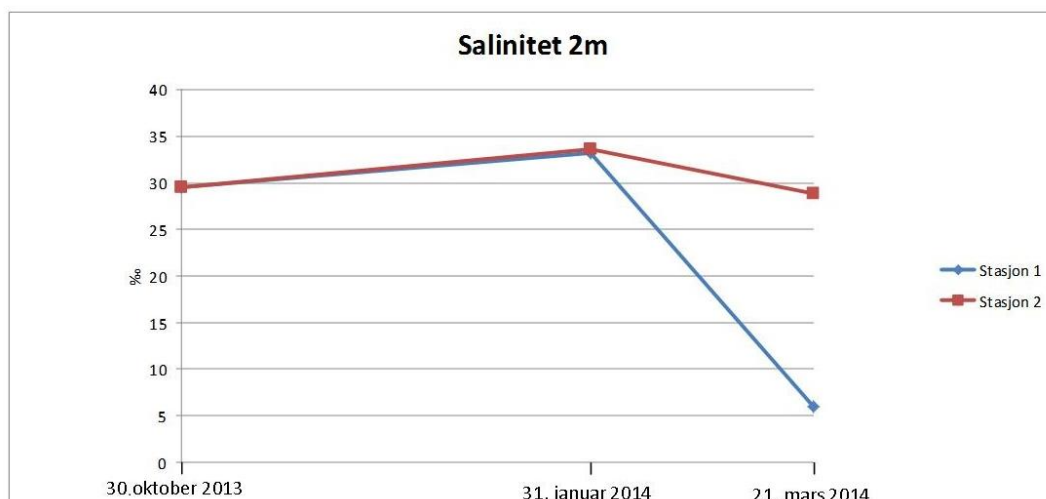
Figur 35: Temperatur på 2 m dyp ved stasjon 1 og 2.

Salinitet

Salinitetsverdiene i figur 36 viser at salinitetkonsentrasjonen ved utsetting på 0,5 m var ca. 19 ‰ og 25 ‰ ved stasjon 1 og 2. Begge verdiene øker til ca 34 ‰ til første innsamling, deretter synker konsentrasjonen drastisk til ca 5 ‰ for stasjon 1. Stasjon 2 har ganske stabile verdier i forhold og konsentrasjonen er ca. 28 ‰ ved siste innsamling. Ved 2 m dyp har det vært tilnærmet like verdier for begge stasjonene, 30 ‰ ved utsetting og 34 ‰ ved første innsamling. Unntaket var ved den siste innsamlingen, salinitetkonsentrasjonen sank til ca 5 ‰ ved stasjon 1. Se figur 37.



Figur 36: salinitetsverdier på 0,5 m dyp ved stasjon 1 og 2

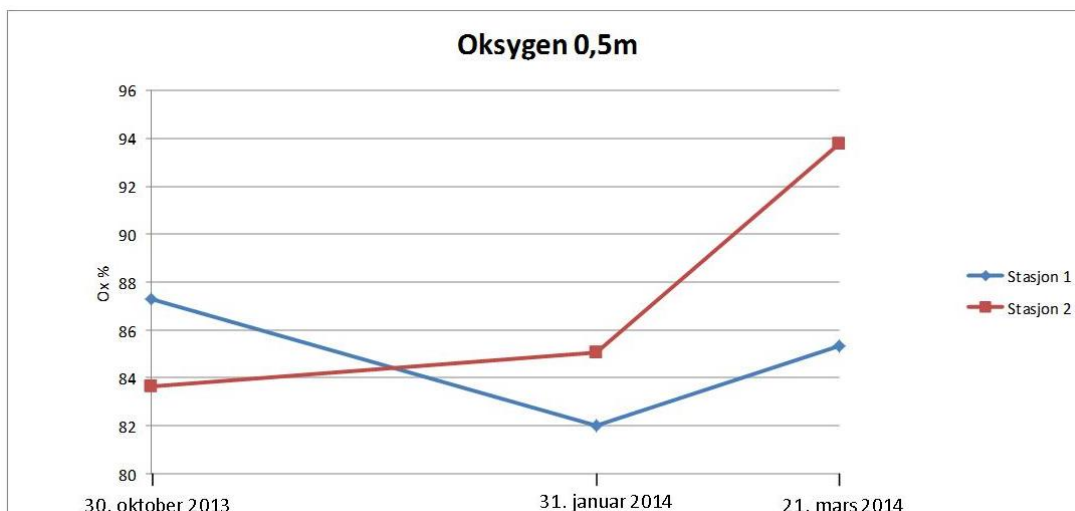


Figur 37: salinitetsverdier på 2 m dyp ved stasjon 1 og 2.

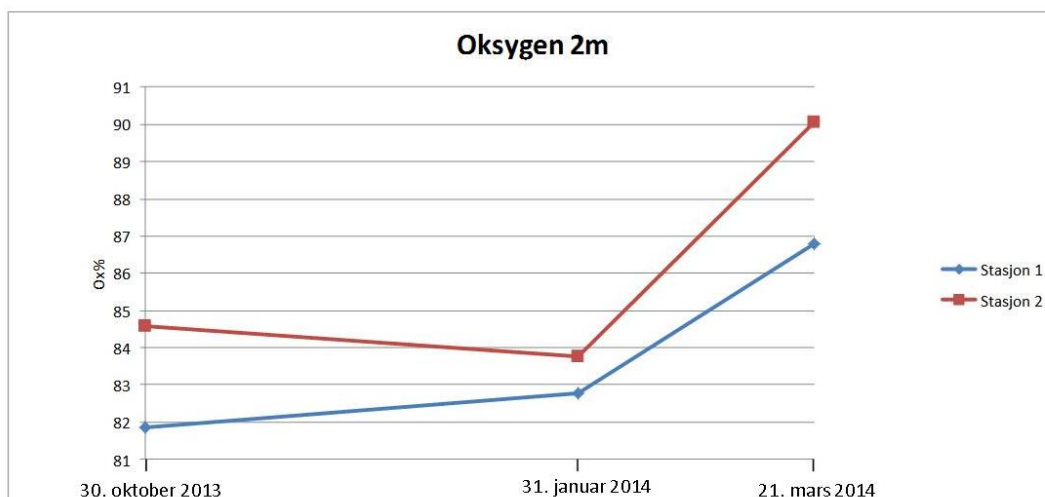
Oksygen

Stasjon 1 har en oksygenmetning på 87 % ved utsetting og 82 % og 85 % for første og andre insamling ved 0,5 m dyp. Stasjon 2 har ved samme dyp en metning på 83 %, 85 % og 94 %, se figur 38.

For 2 m var konsentrasjonen ved stasjon 1, i kronologisk rekkefølge, på 82 %, 82,5 % og 90 %. Ved stasjon 2 var den ca 84,5 %, 84 % og 90 %, se figur 39. Stasjon 2 har generelt sett høyere oksygeninnhold ved begge dyp. Det største avviket var ved 30. oktober 2013 på 0,5 m, hvor stasjon 1 har høyere oksygennivå enn stasjon 2.



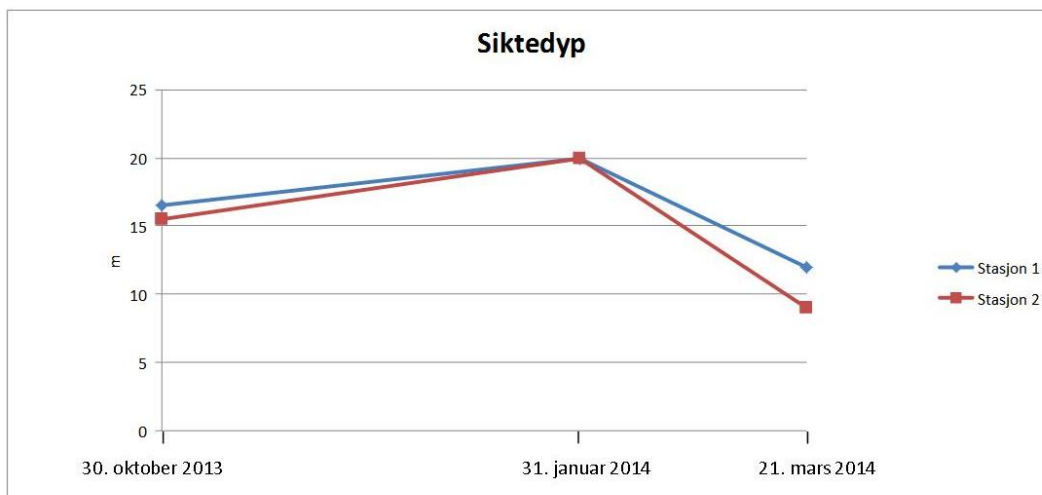
Figur 38: oksygenmålinger på 0,5 m dyp ved stasjon 1 og 2.



Figur 39: oksygenmålinger på 2 m dyp ved stasjon 1 og 2.

Siktedyp

I figur 40 viser siktedypet en lik trend for begge stasjonene ved utsetningsdato og første innsamling. Henholdsvis ca. 16-17 m ved utsetting og 20 m ved første innsamling. Ved andre innsamling viser stasjon 1 et lavere dyp på 9 m mot 12 m på stasjon 2.

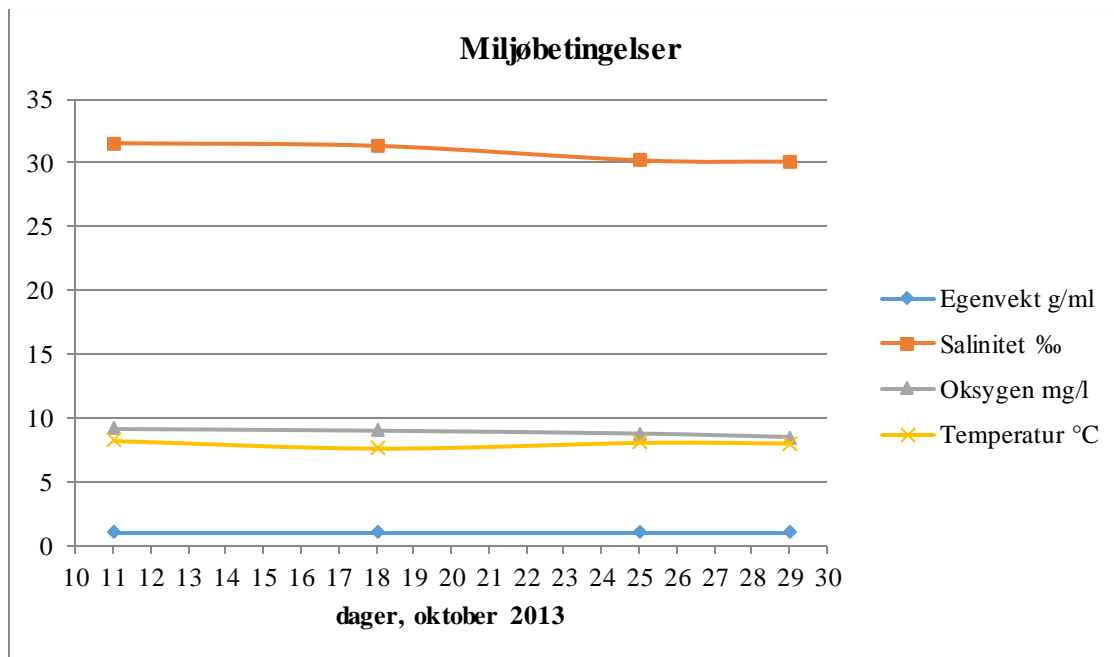


Figur 40: siktedyp for stasjon 1 og 2.

Hydrografimålingene viser at stasjon 1 og 2 har hatt generelt ulike miljøbetingelser 30. oktober og 21. mars. Men 31. januar er vannmassene i Eikevika i omrøring, en prosess som skjer hver vinter. Overflatevannet blir kaldere enn vannet under og synker, denne omrøringen skaper en tilstand hvor hydrografidataene er like. Denne trenden kan man se i alle representerte hydrografi figurer.

Stasjon 4: Skjær

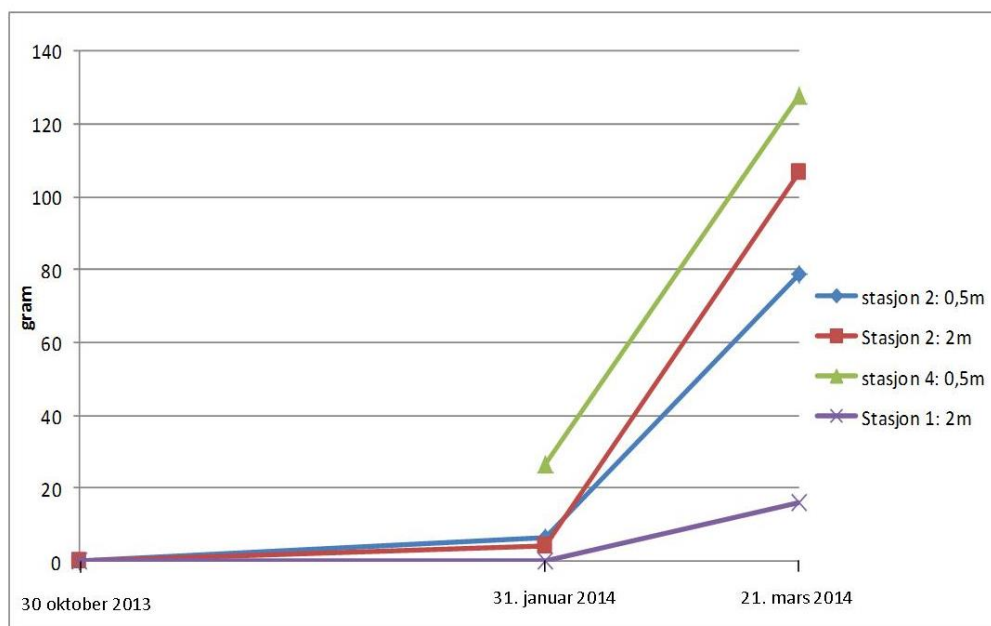
Figur 41 viser at stiklingene hadde et stabilt vannmiljø. Vi antar at miljøbetingelsene har vært tilnærmet like også under vekstperioden for tareprøvene fra stasjon 4.



Figur 41: Hydrografidataene på Skjær fra oktober 2013.

3.2 Biomasseøkning

Figur 42 viser at den totale biomasseøkningen for alle stasjonene og alle dypene. Vi kan se en betydelig høyere vekst i andre periode 31. januar - 21. mars 2014, sammenlignet med første periode 31. oktober 2013 - 31. januar 2014. Figur 42 viser økning i biomasse i gram.



Figur 42: Biomasseøkning

Stasjon 1 hadde ikke hatt noen vekst ved første innsamling. For oss så plantene døde ut med unntak av to stiklinger på 2 m som vi fremdeles kunne se på tauet. Ved andre vekstperiode hadde tre planter (2 m) vokst til 15,81 g, med en vekstrate på 8,36 % /dag.

Stasjon 2 viser tabell 5 at biomasseøkningen var 5,87 g (0,5 m) og 3,96 g (2 m) for første vekstperiode. Andre vekstperiode viser tabell 6 hadde biomassen økt til 78,68 g (0,5 m) og 106,33 g (2 m). Vekstraten for første vekstperiode er for 0,5 m, 2,93 % /dag sammenlignet med 2,71 % /dag for 2 m (tabell 5). I den andre vekstperioden var vekstraten størst på 2 m med 6,5 % /dag mot 5,1 %/dag for 0,5 m (tabell 6) . Den totale biomasseøkningen for hele perioden, fra 30. oktober 2013- 31. januar 2014, var 4,12 %/dag for 0,5 m og 3,89 %/dag for 2 m (tabell 6). Hvis vi sammenligner stasjon 2 sine vekstrateresultater for andre vekstperiode med stasjon 1, har vekstraten vært 1,80 % /dag høyere ved stasjon 1 på samme dyp (2 m).

Når det gjelder stasjon 4 har vi ingen startvekt, og vi kan dermed ikke regne ut økning i biomasse eller vekstrate i første vekstperiode. Likevel ser vi 31. januar 2014 at biomassen på stasjon 4 var mye større enn på stasjonene 1 og 2 (tabell 8). I andre vekstperioden har stasjon 4 hatt en biomasseøkning fra 26,77 g til 127,97g, med en vekstrate på 3,19 %/dag. Dette er 1,99 % /dag mindre enn for stasjon 2 over samme tidsperiode og dybde.

Tabell 5: Stasjon 2 Første vekstperiode (30.10.13-31.01.14)

<i>Dybde</i>	Startvekt første periode i gram	Total vekst i gram (sluttvekt-startvekt)	Gjennomsnitt vekst i prosent/dag for 93 dager
<i>0,5 meter(n=3)</i>	0,3670	5,873	2,98
<i>2 meter (n=3)</i>	0,3197	3,967	2,71

Tabell 6: Stasjon 2 Første og andre vekstperiode (30.10.13- 21.03.14)

<i>Dybde</i>	Startvekt andre periode (sluttvekt fra første periode)	Total vekst i gram (sluttvekt-startvekt)	Gjennomsnitt vekst i prosent/dag i 142 dager	Gjennomsnitt vekst i prosent i andre periode isolert 49 dager.
<i>0,5meter(n=3)</i>	6,2403	78,682	4,12	5,18
<i>2meter (n=3)</i>	4,2870	106,334	3,89	6,56

Tabell 7: Stasjon 1 Andre vekstperiode (31.10.13- 21.03.14)

<i>Dybde</i>	Startvekt ved utsetting	Vekst i gram for andre vekstperiode	Gjennomsnitt vekst i prosent/ dag fra 31.01.-21.03. 49 dager
0,5 meter(n=0)		-	-
2 meter (n=3)	0,2063	15,81	8,36

Tabell 8: Stasjon 4 Andre vekstperiode (31.10.13- 21.03.14)

<i>Dybde</i>	Startvekt (sluttvekt etter første innsamling)	Sluttvekt for andre periode	Gjennomsnitt vekst i prosent/ dag fra 31.01.-21.03. 49 dager
0,5 meter(n=3)	26,7703	127,97366	3,19

3.3 Blad-, bredde- og stilkvekst

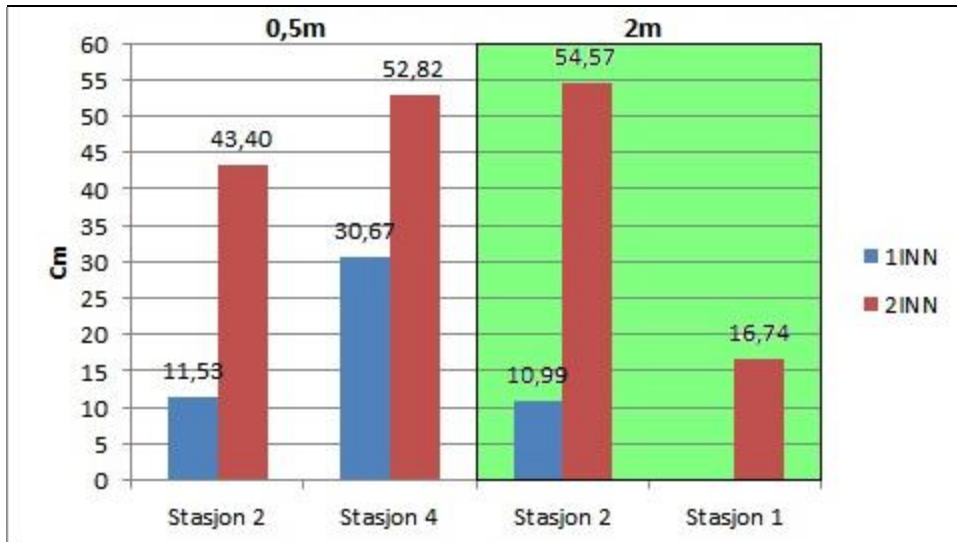
Blad- og stilkvekst bekrefter de samme vekstresultatene.

Stasjon 1 viser 16,7 cm blad og 0,74 cm stilkvekst (figur 43 og 44) ved 2 m dyp.

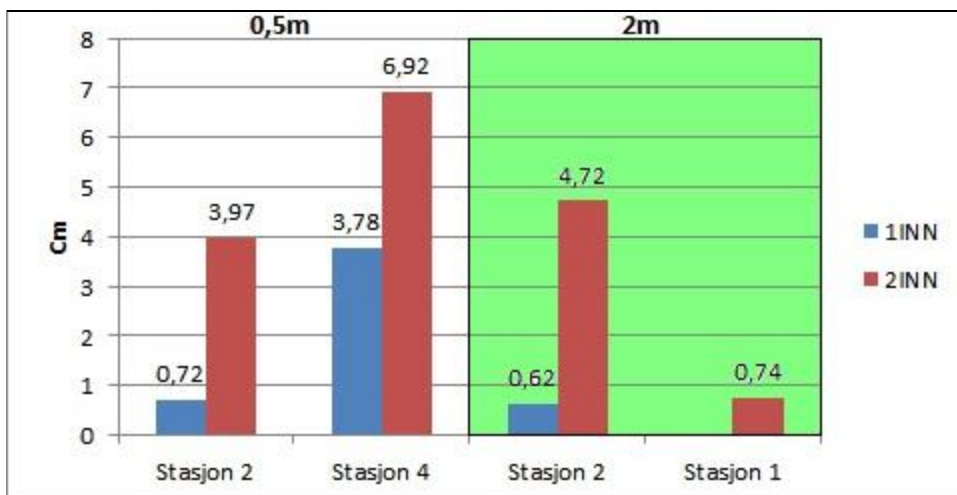
Stasjon 2 har en tydelig eksponentiell vekstkurve for begge dypene. Bladvekst på 0,5 m viste 11,53 cm og stilkvekst 3,97 cm fra første innsamling. På den andre innsamlingen måler bladlengden 43,40 cm og stilken 6,92 cm. Ved den andre innsamling på 2 m dyp var veksten forskjellig fra første innsamling. Bladlengden var 10,99 cm ved første innsamling mot 54,57 cm ved andre innsamling. Stilk lengden var 0,62 cm ved første innsamling mot 4,72 cm ved andre innsamling.

Stasjon 4 ved 0,5 m dyp har en svært sterk bladvekst på 30,67 cm og stilkvekst på 3,78 cm ved første innsamling. Ved andre innsamling har vekstkurven tydelig flatet ut, og lengden på bladet er 52,82 cm, mens lengden på stilk er 6,92 cm.

Resultatene viser at stilkvekst og bladvekst øker proporsjonalt.

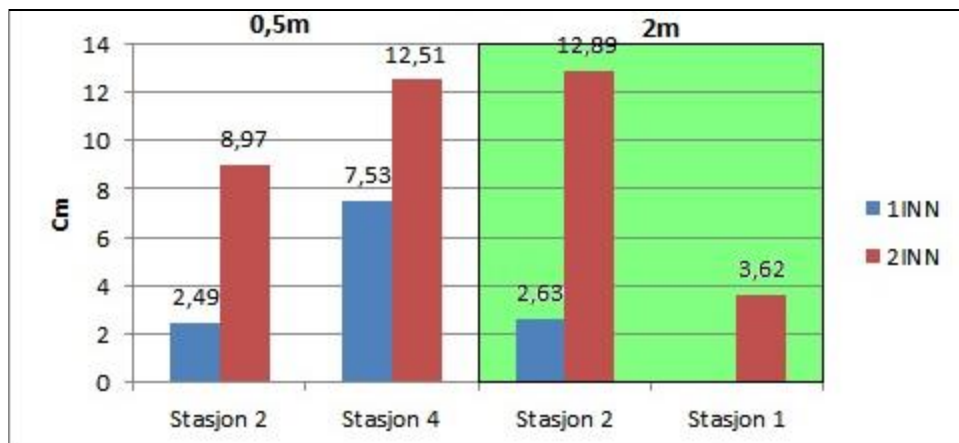


Figur 43: Vekst av bladlengde. Bladet er målt fra stilk-slutt til lengste punkt på blad. 1 INN vil si første innsamling 31. januar 2014 og 2 INN er andre innsamling 21. mars 2014.



Figur 44: Vekst av stilk lengden. Stilken er målt fra rotfeste til bladstart.

På stasjon 4 (figur 45) ser vi at bladbredden ikke har økt proporsjonalt med stilk (figur 44) og bladvekst (figur 43)



Figur 45: Vekst av bladbredden. Bredden er målt på det bredeste punktet på bladet.

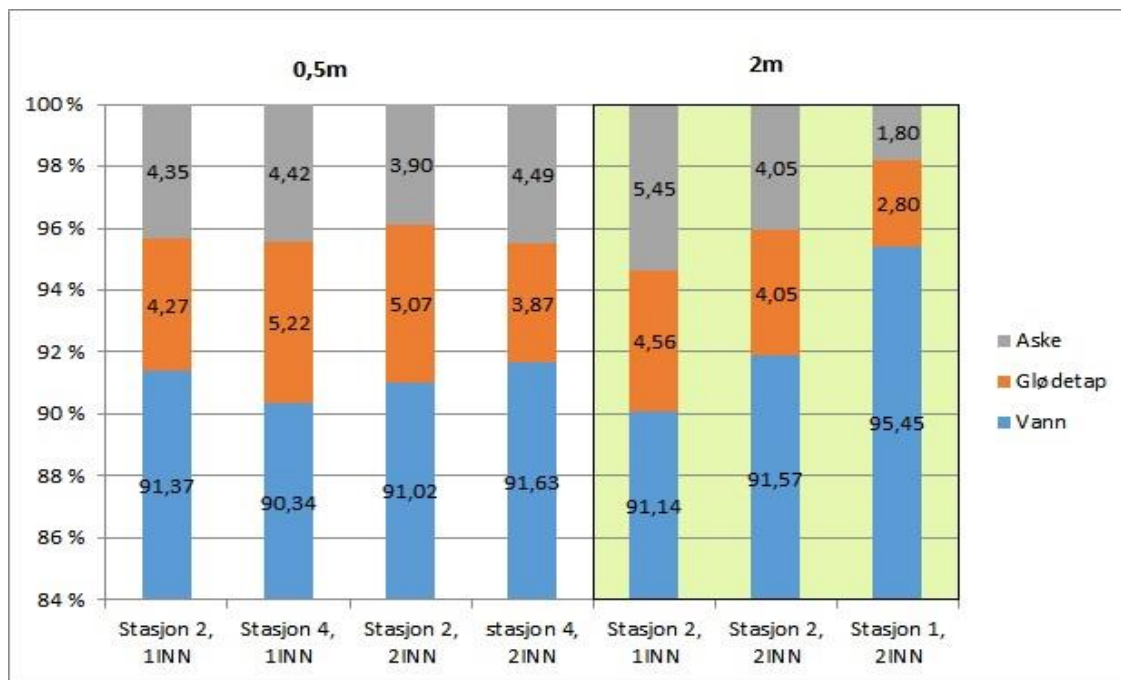
Tabell 9 viser resultatene for utregning av lengde/bredde koeffisient. Stasjon 1 hadde den mest rektangulære formen for 2 m dyp. Koeffisienten (k) var her 4,62 ved andre innsamling. Stasjon 2 sine tall for samme dyp var 4,19 og 4,23 for første og andre innsamling. For 0,5 m var stasjon 2 sine k tall på 4,63 og 4,83 ved første og andre innsamling. Stasjon 4 hadde den mest kvadratiske formen med henholdsvis 4,07 og 4,23. Resultatene viser at alle k har økt i andre vekstperiode og at alle har et kvadratisk vekstforhold

Tabell 9: Lengde/Bredde koeffisient, viser i hvor stor grad formen på planten er kvadratisk eller ikke.

Lengde/Bredde Koeffisient	1. Innsamling		2. Innsamling	
	0,5 m	2 m	0,5 m	2 m
Dyp				
Stasjon 1	-	-	-	4,62
Stasjon 2	4,63	4,19	4,84	4,23
Stasjon 4	4,07	-	4,23	-

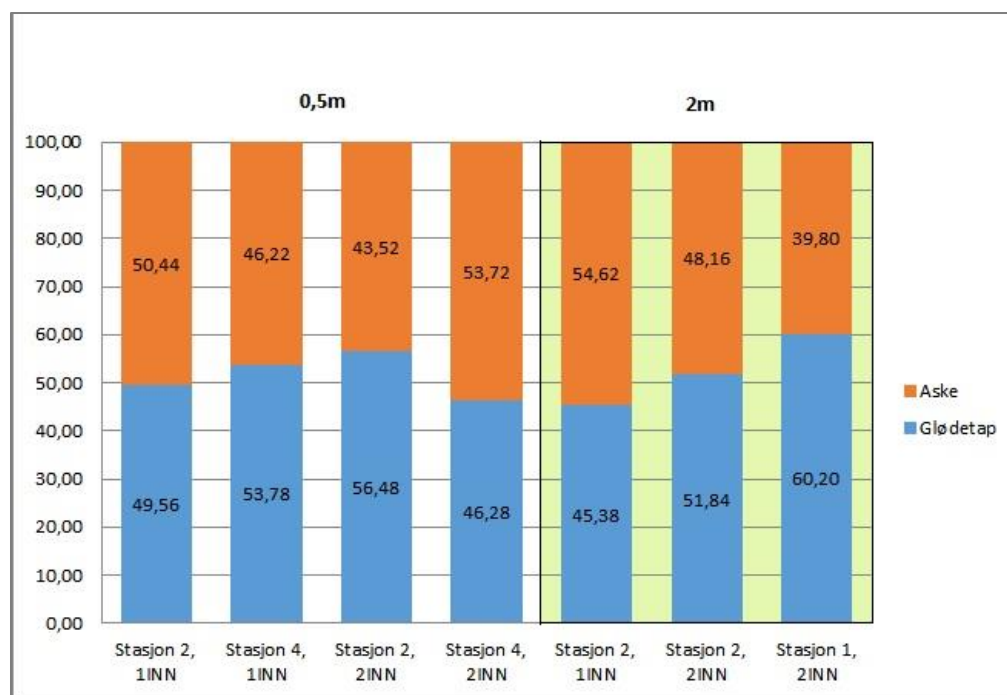
3.4 Vann, glødetap og askeinnhold

Trenden viser at for alle stasjonene er det mer vanninnhold i den totale biomassen ved andre innsamling, enn ved første innsamling. Stasjon 1 er avvikende i forhold til de andre stasjonene, og har et mye høyere vanninnhold i biomassen (figur 46).



Figur 46. Prosentvis vanninnhold, glødetap og askeinnhold av våtvekt.

Figur 47 viser askeinnholdet i sukkertaren varierer mellom 35-57 % av tørrvekten, med et gjennomsnitt på 48 %. Figuren viser også at glødetapet varierer mellom 42-64 % av tørrvekten med en gjennomsnitt på 52 % .



Figur 47: Prosentvis askevekt og glødetap av tørrvekt.

Kapittel 4: Diskusjon

Dette kapitlet har til hensikt å forklare hvorfor forsøkets resultater ble som de ble. Tre viktige momenter til denne forklaringen er feilkilder, miljøbetingelser og andre studier sine resultater innenfor samme forskningsområde.

4.1 Feilkilder

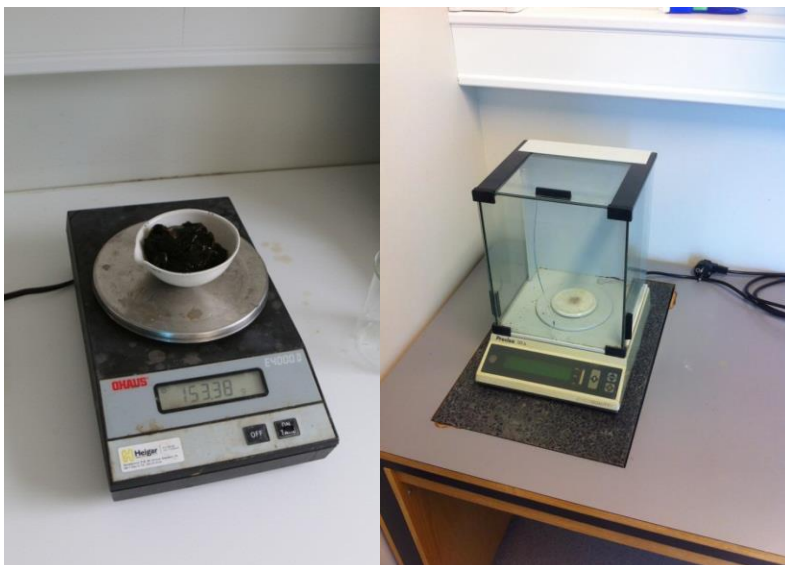
Feilkilder er elementer som påvirker validiteten til datainnsamlingen. Vårt forsøk baserer seg på sanne premisser og nøyaktige målemetoder. Det er brukt eksisterende kunnskap og erfaring, blant annet gjennom bacheloroppgavene om samme tema som ble gjennomført i fjor av Lundhaug *et al.* (2013) og Midthun *et al.* (2013). Prosjektet vårt har bestemte lokaliteter og en godt beskrevet metodikk som gjør oppgaven etterprøvable. Likevel vil det være elementer som skaper usikkerhet. Disse presenteres under.

Klargjøring av tareprøver

Vekten vi tok av tareprøvene kunne variere før de skulle monteres i fjorden. Selve kuttingen av tarelinen og taustumpene kunne variere med millimeteravvik. Grunnen til dette er at tarelinen ble oppmålt med tommestokk og klippet med saks.

Vekter

Vi brukte vi to forskjellige vekter (figur 48), en fra Høgskulen og en fra akvakulturstasjonen på Skjær.



Figur 48: Ohaus E4000D og Precisa 125 A.

Innsamling av tareprøvene



Figur 49: Zip-lock poser de ble oppbevart i.

har gnagd og kuttet noe av sukkertaren og det har dermed oppstått ytterlige tap av biomasse (figur 50 og 20).

Transporten tilbake til laboratorium var lang, og det tok opptil fem timer fra prøvene var hentet fra havet til de var på laboratorium. I mellomtiden kan prøvene ha blitt forringet, mistet kvalitet og vanninnhold. Posene som prøvene ble oppbevart i (figur 49) under transport ble fylt med sjøvann. Det var varierende mengde sjøvann i posene. Noen tareprøver fikk nok sjøvann under transporten, og noen kan ha fått litt lite.

En annen feilkilde i innsamlingen er at noe av sukkertaren falt av da vi avmonterte prøvene. Det betyr at vi ikke fikk samlet inn all biomassen på noen av prøvene.

Alle tareprøvene ble festet med strips til riggen. I kombinasjon med bevegelser i havet ser vi at stripsen



Figur 50: Avkuttet tare på grunn av strips.

Etterarbeid på laboratorium

Etter at prøvene var samlet inn og transport tilbake til laboratorium var de klare for etterarbeid. Når vi tok våtvekten av prøvene, kan de ha inneholdt noe overflatevann siden de ikke ble tørket før veiing. Dette kan ha ført til en for høy våtvekt.

Vi fant også noen få «fremmedpassasjerer» (figur 51) i sukkertareprøvene fra stasjon 2. Blant annet i form av skjell og små krepsdyr. På prøver fra stasjon 1 var det noe påvekst av trådalger. Påveksten av skjell, alger og smådyr kan ha skapt små overestimeringer i biomassevekten.



Figur 51: «Gjester» i form av krepsdyr og skjell.

Tørrvekt av delprøvene

Etter at delprøvene var blitt tørket i sine respektive digler tok vi tørrvekten av dem. Dette ble gjort med en Ohaus E4000D, og kan ha forårsaket litt unøyaktige tørrvekter.

For diglene som inneholdt svært lite biomasse benyttet vi Precisa 125A, for å få et mer nøyaktig anslag. Ved å bruke forskjellige vekter kan det også oppstå små feilkilder da vektene har forskjellig nøyaktighetsgrad.

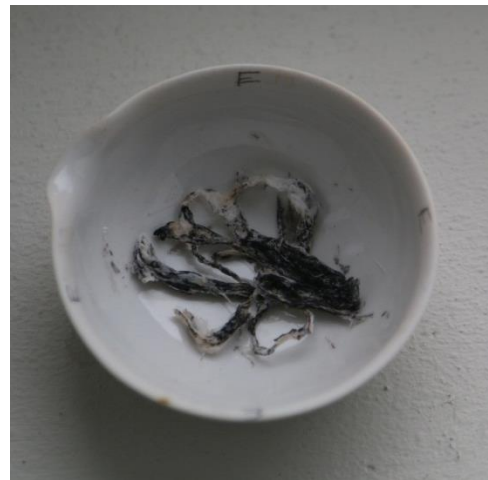
Askevekt og forbrenning

Under brenning av biomassen lå biomassen i noen av diglene muligens for tett. Prøvene var store og brant saktere enn de mindre prøvene. Dette gjorde at den brente biomassen inneholdt mye svart materiale, som kan være karbon (figur 53). Vi erfarte også at i forbrenningsovn brant prøvene ujevnt. En mulig forklaring er at ovnen er gammel, og det kan være at varmeelementer inni ovnen er defekte (figur 52). Vi prøvde å snu brettet som prøvene lå på med den hensikt å tilrettelegge for en fullstendig forbrenning. At prøvene brant ujevnt kan

være med på å forklare at flere av tareprøvene var ufullstendig forbrent. Konsekvensene av dette vil være en overestimert askevekt og underestimert glødetap.



Figur 52: Den eldre forbrenningsovnen.



Figur 53: svart materiale.

Skjær som referansestasjon

Prøvene som vi satte ut på Skjær bestod av gjenværende tareline etter at vi hadde klargjort prøvene som skulle til Eikefjorden. Denne delen av tarelinen var også den som var mest ujevn i vekst, og inneholdt blant annet noen store individer av sukkertare.

Hydrografimålingene fra Skjær er kun hentet fra oktober 2013. Sjøvannet som sukkertaren har vokst i er næringsrikt vann pumpet opp fra 40 meters dyp. Vi går ut ifra at miljøfaktorene på dette dypet holder seg stabile året rundt, og derfor har vi kun tatt hydrografimålinger fra den måneden stiklingene vokste på coil.

4.1 Hydrografimålinger

Salinitetvariasjon: Ifølge Yr (2013) hadde det vært mye nedbør på høsten og vinteren i Eikefjorden. Før det var det en tørr sommertid (tabell 10). I tillegg til det er det en kontinuerlig ferskvannsavrenning ut i fjorden. Sesongvariasjonene og avrenningen fra elver har mye å si for variasjonen i saliniteten i Eikefjorden.

På grunn av coreoliseffekten vil vannmassene hele tiden forsøke å strømme mot høyre på den nordlige halvkule. Kyststrømmen strømmer nordover og vil derfor hele tiden forsøke å strømme inn i fjorder på sørsiden. Samtidig vil tilsvarende vannmengder bli dyttet ut på nordsiden av fjorden. Dette kan forklare at saliniteten på stasjon 2 er stabil, selv om det

munner ut langt flere bekker på sørsiden av fjorden. Ferskvannet som strømmer ut i fjorden på sørsiden av Eikefjorden vil videre bli presset mot nord, samtidig som den drar med seg ytterligere mengder med ferskvann fra blant annet den store Oselva. På veien passerer den hovedstasjonen ved stasjon 1 og vil skape et tydelig brakkvannslag her.

Havstrømmene blir ikke bare påvirket av coreoliseffekten, men også av lokale variasjoner i topografi, som også kan være en årsak til varierende salinitetsverdier.

Vind kan også være en årsak til varierende salinitetsverdier. Pålandsvind tar med seg salte vannmasser fra havet, mens fralandsvind kan være med på holde saltnivået lavt.

Temperaturvariasjon: Temperaturen øker i vannmassene ved stigende salinitetsverdi og minker ved synkende salinitetsverdi (vinterstid).

Reduserte oksygenivåer: Oksygenmålingene på stasjon 1 er generelt sett reduserte. For at fotosyntesen skal finne sted må det være tilgang til lys. Ved et høyt partikkelinnhold vil lysmengden bli svekket. Dette fører til mindre fotosyntese, som igjen betyr mindre oksygeninnhold i vannmassene. Forbruket av oksygen fra fisken kan også være en naturlig forklaring på lavere oksygenverdier. Dette kan forklare stasjon 1 sine reduserte oksygenverdier.

Siktedyp: Ved utsettingen og første innsamling varierer siktedypet mellom 15-20 meter, mens det lå mellom 9-12 meter på andre innsamling. En sannsynlig forklaring på denne forskjellen er at partikkelinnholdet i vannmassene er høyere og at det er økt mikroalgeoppblomstring på senvinteren. Stasjon 1 har generelt sett større siktedyp enn stasjon 2, med unntak av den første innsamling da siktedypet på stasjonene er like.

4.2 Diskusjon av resultatene

Vekst

Stasjon 1

Den 31. januar 2014 var det absolutt ingen vekst på stasjon 1. Den 21. mars 2014 viste derimot en vekst på 2 meter dyp, derfor har vi kun tre tareprøver fra stasjon 1. Av denne grunn blir det vanskelig å sammenligne dataene fra stasjon 1 med de andre stasjonene. Men hvis vi ser på veksttallene fra stasjon 1 på to meter dyp kan vi se at veksten har vært god da

den hadde høyest vekstprosent per dag av samtlige stasjoner. Hvorfor sukkertaren har dødd på stasjon 1, diskuterer vi fra s. 57.

Stasjon 2

Ved tolkning av grafen for stasjon 2 fra figur 42 ser det umiddelbart ut som en betydelig biomasseøkning i % /dag den siste perioden (januar-mars). Ved første vekstperiode er økningen omtrent 3 % /dag for begge dyp. Etter andre vekstperiode er økningen 5,87 %/dag i gjennomsnitt for begge dyp. Økningen i den siste perioden kan ha bakgrunn i at det blir stadig lysere og næringssaltkonsentrasjonen sannsynligvis fremdeles er høy i vannmassene. Forholdene ligger med andre ord godt til rette for en økning i vekst.

Hvis vi ser på den andre vekstperiode har biomasseøkningen økt til 5,18%/dag for 0,5 meter og 6,58%/dag for 2 meter. Biomasseøkningen i %/dag i andre periode er større, sammenlignet med første periode. På 0,5 meter er forskjellen en økning på 2,20 %/dag, mens på 2 meter forskjellen på hele 3,85%/dag. I resultatene våre er det gjennomgående at stiklingene som hadde lavest startvekt også hadde lavest biomasseøkning. Dette kan bety at det er et poeng å la stiklingene bli noe større enn det våre prøver var, før de blir satt ut. Det er også en usikkerhet tilknyttet de lave startvekttallene. Forskjeller i vanninnhold i taustumpene som stiklingene vokste på, kunne gi store utslag ved utregningen av biomasseøkning.

Det kan også se ut som at sukkertaren trives noe bedre ved 0,5 m dybde i første vekstperiode. I andre vekstperiode ser det ut som det er motsatt, der den trives best på 2 m. Dette kan ha en sammenheng med lysmengden om vinteren, og at sukkertaren trives der den får en «passelig» lysmengde. Derfor vil dypene som gir optimal vekst variere i takt med daglengden.

Andre studier har vist at veksten var best ved grunne dybder om vinteren, og dypere om sommeren. Hånda *et al.* (2012) gjorde et omfattende studie av sesong- og dybdeforhold i nær beliggenhet til et oppdrettsanlegg. Resultatene deres viste at vekstprosent for bladlengde per dag er bestemt av daglengden og dypet. Dypene som ble testet var 2, 5 og 8 m. I perioden november - februar var bladveksten størst på 2 meters dyp ved en referansestasjon. I mai var det størst vekst fordelt på dypene slik $5 > 2 > 8$ m og i juni slik $5 > 8 > 2$ m. Disse funnene bygger opp om vår teori at tarens optimale vekst påvirkes av en bestemt lysmengde. Det må også nevnes at sukkertaren i dette studiet vokste best ved fiskeoppdrettsanlegget totalt sett for hele året på 8 m dyp. Forbord *et al.* (2011) sine dyrkningsresultater av sukkertare fra februar-

juni viser best vekst på 2 og 5 m dyp. Studiet deres ble gjennomført i en seinere tidsperiode, der lysforholdene sannsynligvis er bedre på større dyp. Dette støttes også av Hånda *et al.* (2012). En russisk studie Shmelyova *et al.* (2000) fikk også best vekstresultater av sukkertare ved 2 m. I dette studiet ble dypene 0,5-14 m utprøvd.

Stasjon 4

Stasjon 4 var opprinnelig ikke planlagt som referansestasjon. Denne ble opprettet fordi vi fremdeles hadde noen meter med stiklingstau igjen etter at tauet til de tre opprinnelige riggene var skåret av. Vi tenkte at stasjonen kunne brukes som en reservestasjon, i tilfelle de andre stasjonene ble ødelagt i en vinterstorm eller lignende. I etterkant innså vi at denne stasjonen kunne fungere bra som referansestasjon på grunn av stabile og gode miljøbetingelser gjennom hele vekstperioden. Problemet var at vi ikke hadde vært like grundige ved utsettingen av disse prøvene. Vi manglet startvekten på prøvene og det ble derfor vanskelig å få til en utregning av vekstprosent. I tillegg har denne stasjonen kun hatt prøver på 0,5 m dyp, da tanken kun var en meter dyp. Selv om vekstforholdene på Skjær var gode, ble veggene i tankene ansett som et minus. Denne hindrer noe solinnstråling, og stasjoner i havet vil derfor ha bedre lystilførsel.

På stasjon 4 ser det ut som at veksten i større grad er lineær sammenlignet med de andre stasjonene. Stasjonene som er plassert i fjorden ser ut til å ha en eksponentiell vekst, hvor de har vokst mye den andre vekstperioden. Årsaken til den tilsynelatende lineære veksten kan ha opphav i de stabile forholdene på stasjonen, sammen med stabil lystilførsel som følge av veggene i tanken.

Lengde/bredde koeffisient

For stasjon 2 viser tabell 9 (s. 39) at forholdet mellom første og andre innsamling på samme dyp er svært lik, men formen har blitt noe mer rektangulær ved andre innsamling.

Forskjellene ved innsamlingene hos stasjon 4 er litt større enn for stasjon 2. Stasjon 4 er også generell grad mer kvadratisk enn de andre stasjonene. Åsaken til dette kan ha to mulige forklaringer slik vi ser det. Første mulighet er at disse prøvene er kommet noe lenger i utviklingen og at veksten dermed har begynt å avta. Andre mulighet er at mangel på lys i bunnen av tanken gjør at sukkertaren blir påvirket til bedre vekst i det øverste laget og dermed blir bredere.

Hvis vi sammenligner de forskjellige dypene opp mot hverandre hos stasjon 2 ser vi at formen til plantene på 0,5 m er i større grad rektangulær enn hva de er på 2 m. For stasjon 1 er sukkertare (2 m) noe mer rektangulære enn planten på stasjon 2 ved samme dyp.

Ut fra våre resultater kan det se ut som at når veksthastigheten øker på våren vokser plantene noe mer i lengde enn i bredde og blir mer rektangulære. Sjøtun (1993) bekrefter slike forhold med samme utregningsmetode som vi har brukt. Der de fikk en større koeffisienten når veksten er hurtig og en lavere koeffisient når veksten var sakte. Funn av Sjøtun (1993) viser at koeffisienten avtar når taren er tre år, og vokser mer i bredden.

Vanninnhold, glødetap og askevekt

Prøver fra andre innsamling av samtlige stasjoner har en prosentvis økning i vanninnhold. Dette viser at askevekten og glødetapet ikke nødvendigvis øker proporsjonalt med veksten. En forklaring er mest sannsynlig at disse variasjonene i vanninnhold, karbohydrater (glødetap) og næringssalter (askevekt) er sesongvariasjoner i sukkertaren. Holdt og Kraan (2011) har funnet ut at askeinnholdet i bladet var lavest i fra september til november og høyest på våren fra februar til juni. Askeinnholdet i stipes varierte lite gjennom hele året. Tørrvekten var lavest fra januar til mars og høyest fra juli til september. Disse resultatene bekrefter at sammensetningen i sukkertaren har sesongvariasjoner som passer med våre data.

Slutninger vi kan trekke er begrenset da det er en stor usikkerhet knyttet til målingen av våtvekt og de små variasjonene i vanninnhold/glødetap/askeinnhold. Men vi vet at delprøver fra stasjon 2 og 4 var store og frykter at de ikke ble fullstendig forbrent. Resultatet her kan være en overestimert askevekt som har skapt merkbare avvik.

Stasjon 1 viser derimot avvikende resultater i motsatt retning. Her er det mye vanninnhold og lite glødetap og askevekt. Dette var overraskende, da vi i utgangspunktet hadde forventet størst innhold av næringssalter og karbohydrater på denne stasjonen.

Stasjon 1 har hatt ugunstige miljøbetingelser over en periode som tidligere er forklart. En mulig forklaring på det høye vanninnholdet er at sukkertaren har fått bedre miljøbetingelser og dermed startet å vokse svært raskt. Med bedre miljøbetingelser menes mer sollys, og mindre ferskvann i overflaten. Når sukkertaren vokser forbruker den næringssalter fra lagrene sine. Denne forklaringen er også overførbar til prøver som ble samlet inn ved andre innsamling fra de andre stasjonene, der vanninnholdet var noe større og tørrvekten mindre.

Resultatene våre viser at askeinnholdet i sukkertarens blad varierer fra 35-57 % av tørrvekten, med et gjennomsnitt på 48,17 %. Hvis vi sammenligner resultatet vårt med andre studier kan vi se at våre tall er litt større enn andre, og disse variasjonene kan skyldes ufullstendig forbrenning. Artikkelen Holdt og Kraan (2011) viste at askeinnholdet av tørrvekten til bladet av *Saccharina Latissima* var mellom 16-45 %. Haug og Jensen (1954) fant ut at askeinnholdet var 20-45 % av tørrvekten, i sukkertarens blad. De fant også ut at askeinnholdet i sukkertaren var lavest i månedene september, oktober og november og høyest fra februar til mai. Dette kan være med på å underbygge det høye askeinnholdet i våre resultater.

Som nevnt tidligere i oppgaven ble noen av prøvene brent 1-2 dager lenger enn andre prøver. Dette kan også være med på å forklare at askeinnholdet var litt lavere i noen prøver.

Forsvunnet sukkertare

På stasjon 1 var sukkertaren borte ved den første innsamlingen 31. januar. Det eneste eksemplaret var en stikling på to meter dyp som var omtrent en centimeter. Dette funnet overrasket oss da vi i utgangspunktet hadde forventet en bedre vekst ved denne lokaliteten. Hele riggen var på dette tidspunktet noe bevokst av trådalger.

Ved andre innsamling fikk vi derimot en overraskelse fordi tre tareprøver på 2 meter hadde vokst ut. Sukkertare på 0,5 m var ikke til stede. Til tross for veksten var det fremdeles en del trådalger igjen på riggen. Under diskuterer vi teorier for hvorfor sukkertaren forsvant.

1. Næringssalter og partikler i vannet

Riggen ble festet relativt nært nøtene hvor fisken oppholdt seg i, ca. 30 m ifra. På et oppdrettsanlegg vil det være mye ekskrementer og partikler i vannmassene på grunn av en høy konsentrasjon oppdrettslaks. Siden vi hang riggen veldig nær fiskemerdene, kan det være at tareprøvene har blitt «forurenset» av partikler fra fiskefor. Høye næringssaltkonsentrasjoner i kombinasjon med gode solforhold kan også ha vært en utløsende faktor for påveksten av trådalger vi observerte på tareprøvene ved 2 m dyp. Men denne forklaringen gikk vi bort i fra når den ikke forklarer hvorfor alle tareprøvene på 0,5 m dyp døde.

2. Utskiftning av nøter (24 og 25 oktober)

Den 24. og 25. oktober 2013 ble flere nøter skiftet ut på oppdrettsanlegget.

Utsetting av nye nøter slipper ut en del kopper i det de kommer i kontakt med saltvann. En teori er at sukkertaren kan ha blitt kopperforgiftet.

3. Lusbehandling (13. og 14. januar)

Den 13. og 14. januar 2014 ble laksen på Steinvik fiskefarm behandlet med lus kjemikalier. En mulig forklaring på den hemmede veksten ved hovedstasjonen er at sukkertaren var blitt påvirket av disse kjemikaliene og dermed vokst saktere. Lakselusbehandlingen ble gjort med middelet Alphamax med det aktive virkestoffet deltamethrin. Etter nærmere undersøkelser fant vi ut at ifølge World health organization (WHO, 2012) er dette et stoff som er hyppig brukt i insektmidler. Stoffet er beskrevet som ufarlig for landplanter da giftstoffet binder seg raskt til jord og sedimenter. Det fantes lite litteratur om hvordan deltamethrin virker på marine planter. Men vi utelukket også denne forklaringen da den heller ikke kunne forklare hvorfor tareprøvene på 0,5 m dyp døde og ikke de på 2 m.

4. Beiting

Beiting på sukkertaren kan ha vært forklaringen på sukkertarens død. Men vi fant ingen smådyr og potensielle beitere på tareprøvene fra stasjon 1. Samtidig kan det ikke forklare oss de forskjellige utviklingene på hvert av dypene.

5. Behandling av tareprøvene

En annen forklaring vi vurderte var om vi hadde behandlet disse tareprøvene noe forskjellig, med hensyn til tiden som ble brukt til montering av rigg, transport og oppbevaring. Stasjon 1 var nemlig den stasjonen vi monterte sist. Det var meget kaldt denne dagen og lite trolig at vannet de ble oppbevart i, var blitt betydelig varmere. Denne teorien forklarer ikke hvorfor bare tareprøver på 0,5 m døde.

6. Lav salinitet

Forklaringen på sukkertarens død er mest sannsynlig perioder med lav salinitet i vannmassene. Ikke langt fra oppdrettsanlegget på Steinvik fiskefarm renner Oselva ut i havet, elven har et stort nedslagsfelt. Det er mulig at vannmassene rundt hovedstasjonen har i perioder med mye nedbør inneholdt mye ferskvann og dermed en lav saltholdighet (se figur 9 s.19). Ved for lav salinitet klarer ikke sukkertaren å vokse.

Hydrografimålingene fra den 30. oktober 2013 og 21. mars 2013 viser lavere salinitetsverdier for stasjon 1 enn ved stasjon 2. Som nevnt i diskusjonen av hydrografimålingene var

salinitetskonsentrasjonen kun dødelig ved andre innsamling for stasjon 1, helt nede i 5 ‰. Dette betyr at våre data alene ikke kan forklare sukkertarens død ved stasjonen. Da salinitetsvariasjonen avhenger av nedbørsmengde har vi hentet en oversikt over månedlig nedbør i området (tabell 10). I november og desember 2013 var det store nedbørsmengder. Det er mulig at algene har stoppet å vokse/dødd på grunn av det høye nedbørsfallet i denne perioden. I januar 2014 var det omtrent halvparten av normal nedbørsfall i området. Dette kan forklare hvorfor salinitetskonsentrasjon ved stasjon 1 og 2 var like ved første innsamling. Under viser vi Oselva sitt nedbørsfelt til fjorden (figur 54).



Figur 54: Bildet viser avrenningsfeltet til Oselva. Tall fra NVE oppgir en ferskvanntilførsel på 25m³/s, (NVE ATLAS 2014)

Tabell 10: Tørr periode (mai-august 2013) etterfulgt av en våt periode (september-desember 2013). Legg merke til maksimum nedbørsfall på et døgn for november (Yr 2013).

Måneder	Temperatur				Nedbør		
	Gjennomsnitt	Normal	Varmest	Kaldest	Totalt	Normal	Mest på ett døgn
apr 2014	8,2°		20,2° 22. apr	-0,4° 3. apr	209,1 mm	123,0 mm	49,8 mm 13. apr
mar 2014	6,0°		14,1° 30. mar	-1,6° 26. mar	298,1 mm	200,0 mm	61,0 mm 21. mar
feb 2014	6,0°		12,2° 25. feb	-2,4° 20. feb	257,1 mm	174,0 mm	70,4 mm 24. feb
jan 2014	3,6°		10,7° 5. jan	-4,2° 13. jan	102,1 mm	229,0 mm	23,0 mm 8. jan
des 2013	5,8°		13,2° 11. des	-4,5° 7. des	423,0 mm	292,0 mm	40,2 mm 29. des
nov 2013	5,6°		11,6° 3. nov	-1,9° 20. nov	394,4 mm	316,0 mm	108,7 mm 16. nov
okt 2013	9,2°		18,2° 4. okt	1,5° 19. okt	277,5 mm	326,0 mm	44,6 mm 7. okt
sep 2013	12,0°		22,1° 5. sep	2,7° 27. sep	178,1 mm	322,0 mm	33,6 mm 2. sep
aug 2013	14,6°		25,6° 2. aug	7,5° 15. aug	291,3 mm	186,0 mm	66,6 mm 17. aug
jul 2013	14,9°		28,1° 24. jul	9,0° 11. jul	190,0 mm	155,0 mm	26,9 mm 15. jul
jun 2013	12,5°		25,2° 27. jun	4,8° 3. jun	119,4 mm	128,0 mm	28,0 mm 29. jun
mai 2013	11,1°		27,3° 18. mai	0,2° 4. mai	158,8 mm	109,0 mm	31,4 mm 7. mai

Resultater fra Spurkland *et al.* (2011), og Druehl (1967) viser at saliniteten var under grenseverdiene og underbygger teorien vår om at ferskvann har vært den dødelige faktoren for individene på 0,5 m. I slike perioder vil plantens overlevelsesmekanisme reagere med å stoppe all respirasjon og fotosyntese, og dermed slutte å vokse (Wiencke og Bischof 2012).

Ut i fra forsøkene til Druehl (1967) og Spurkland *et al.* (2011) kan vi anta at forutsetningen for at sukkertaren skal trives, ikke er bestemt av salinitetsverdien alene, men også av andre artsbestemte krav. I sukkertarens tilfelle innebærer disse kravene temperatur, sol og skjermet sjøeksponering. Om disse spesifiserte kravene er oppfylt vil sukkertaren kunne tåle lavere salinitetsverdier for en kortere periode (Wiencke og Bischof, 2012).

Kapittel 5: Litteraturstudie

5.1 Anvendelse av sukkertare

Vår hovedproblemstilling handler om sukkertare. Den første underproblemstillingen tar for seg hva sukkertare brukes til i dag. Senere i dette kapitlet diskuterer vi andre potensielle områder hvor sukkertare kan ha en sentral rolle.

Sukkertarens kjemi

For å forstå hva vi kan bruke sukkertaren til må vi se på den kjemiske strukturen. Sukkertaren består av henholdsvis vann, karbohydrater, proteiner, fett, sporstoffer og næringsalter. På

grunn av manglende tall for kjemisk sammensetning i sukkertare, er det også presentert tall fra brunalgene stortare og grisetang. Sukkertare består prosentvis mest av vann, og opptil hele 89 % av planten kan bestå av vann, mens resten er karbohydrater, proteiner, sporstoffer og næringssalter (se tabell 11).

Tabell 11: Alle verdiene foruten vanninnhold er oppgitt i g/100 g tørrstoff. Vanninnhold er oppgitt som % av våtvekt, (Horn 2009).

Kjemisk stoff	Grisetang	Stortare	Sukkertare
Vann	67-82	77-89	
Aske	18-24	32-37	20-39
Alginatsyre	24-29	30-36	16-33
Laminaran	1,2-6,6	0,4-0,96	0-33
Mannitol	6,8-10,4	3,5- 8,3	3-19
Fuoidan	4-10	2-4	-
Protein	4,8-9,8	7,3- 9,5	5-18
Marint fett	1,9- 4,8	0,49- 0,77	-
Cellulose	3,5-4,6	9,6- 11,2	-
Polyfenoler	0,5-14	0,3-5,3	.
Jod	0,06-0,09	0,63-0,85	0,4
K (Kalium)	2-3	6,3-11	-
Na (Natrium)	3-4	1,6-3	-
Ca (Kalsium)	1-3	1,4-3	-
Mg (Magnesium)	0,5-0,9	0,6-0,7	-
S (Svovel)	2,5-3,5	1,2-1,3	-
P (fosfor)	0,1-0,15	0,2	-

I følge Indergaard (2010) vil forbrenning av planten føre til at organisk materiale forsvinner. Karbohydratene i sukkertare er i form av alginat, og laminaran. Disse er langkjedete kjempesukkermolekyl og går under betegnelsen polysakkarid. Mannitol er også en del av karbohydratene i sukkertaren, men forskjellen er at dette er et sukkeralkohol. Innholdet av mannitol og laminaran er sesongavhengig. For makroalger som er tilpasset et liv på høyere

breddegrader, er det viktig at de utnytter sollyset maksimalt om sommeren, og gjennom fotosyntese lagrer de energien i form av karbohydrater. De lagrede karbohydratene, laminaran og mannitol vil i vinterhalvåret fungere som energireserver. De konsumeres gjennom respirasjon og opptak av næringssalter og vekst. Næringssaltene i sukkertare består av nitrater og fosfater, samt sporstoffer av kalium, natrium, magnesium og jod.

Energi, miljø og klimatiltak

Leonczek (2013) går inn på dyrking av makroalger som et klimatiltak. Allerede nå er det gjort mye arbeid knyttet til dyrking av makroalger ved bruk av Integreert Multitrofisk Akvakultur (IMTA). IMTA er som nevnt tidligere et polykultursystem der man dyrker flere arter sammen fra ulike trofiske nivå, hvor hver art har ulike funksjoner i økosystemet som kan være nyttig for en annen art.

Idéen er da å bruke makroalgene til å nytte næringssaltene som skilles ut fra laksen (fosfor, nitrogen og ammonium), fra oppdrettsanleggene. Samtidig er tanken også at makroalgene tar opp CO₂ fra omgivelsene og kan fungere som en form for karbonfangst (Andersen 2012).

Karbohydratene i sukkertaren er en energiressurs som kan utnyttes til å produsere bioetanol og biogass (vedlegg 1).

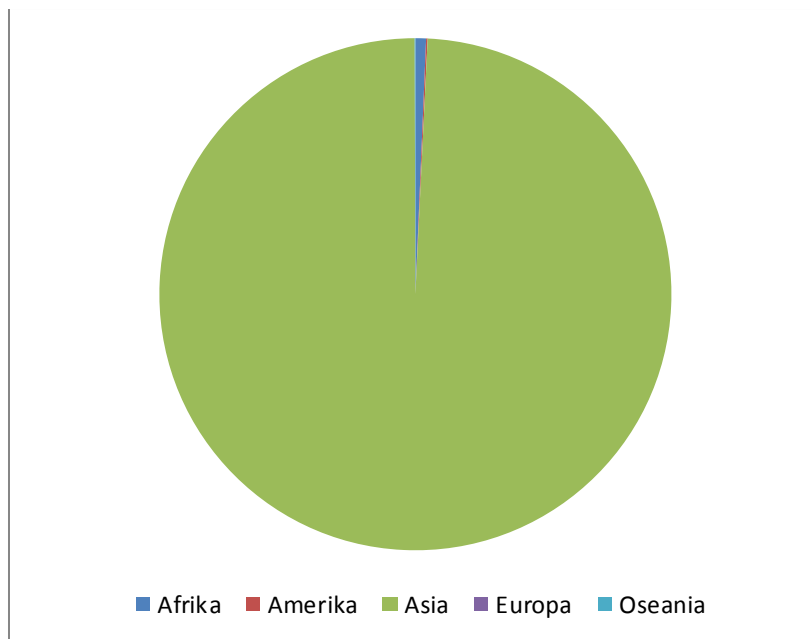
Produktinnhold

Vill stortare blir i dag høstet kommersielt av FMC Biopolymer AS. Taren blir nyttet til å produsere alginat. Alginat er en ingrediens i en rekke produkter, og brukes på grunn av de viskøse egenskapene. Som en ingrediens finnes det derfor i en rekke produkter som mat, kosmetikk, og impregneringsprodukter.

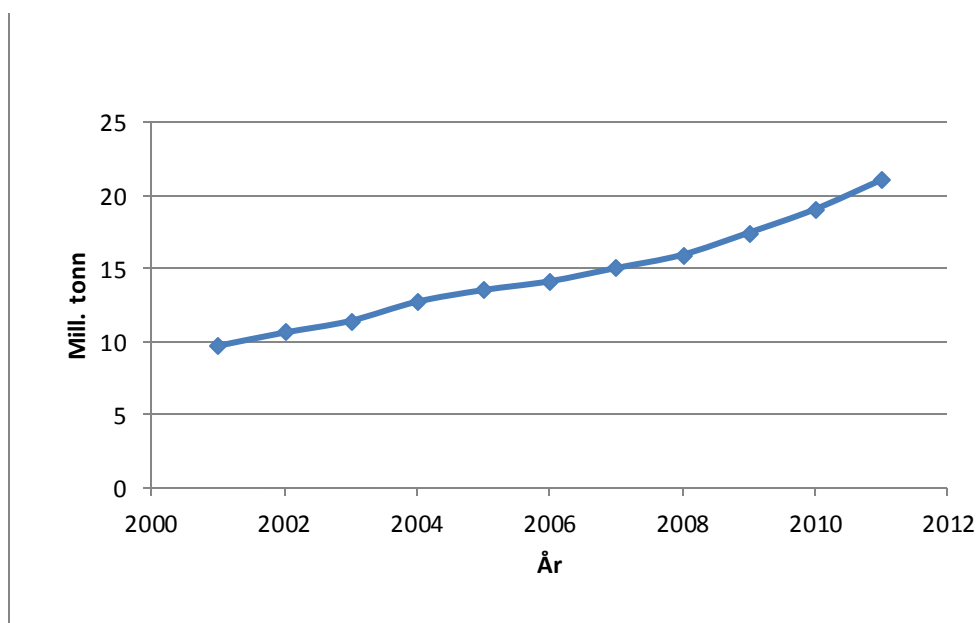
I studiet Calgero *et al.* (2014) har et forskningsteam fra Italia har forsket på pigmenter i brunalgers cellulose som en måte å farge solceller. Resultatene de fant viser at brunalger har en større effekt enn grønналger. Samtidig vil brunalgene være et billigere og mer miljøvennlig alternativ sammenlignet med dagens farging av solceller.

Mat og helsekost

Flere tarearter er kjent for å være spiselige, og sukkertaren er en av disse. 99 % av makroalgeproduksjonen i verden befinner seg i asiatiske land. Her blir algene hovedsakelig produsert til mat, se figur 55 for prosentvis fordeling og mengden som blir kultivert i figur 56 (FAO, 2011).



Figur 55: Kultivering av makroalger fordelt på verdensdeler (FAO, 2011)



Figur 56: Global dyrking av makroalger i millioner tonn fra 2001-11, (FAO, 2011).

Sukkertare vokser ikke i Asia, men har her en nært beslektet art, *Laminaria japonica*, som er en viktig matalge, spesielt i Japan. Der blir den dyrket i stor skala til produksjon av kombu i Japan og Kina (Dalen, 2009). I flere asiatiske land konsumeres makroalger som grønnsaker, snacks og krydder. Som matvare i vesten er makroalger enda i startfasen. I følge Fremtidens mat (2014) blir sukkertare høstet fra naturlige bestander i havet til kulinariske formål, men

dette er ennå i såpass små mengder at kultivering verken er lønnsomt eller nødvendig. Derimot har anvendelsen av taren innenfor helsekost blitt mer vanlig. Grunnen til dette er de ernæringsmessige verdiene i form av vitaminer og mineraler. Det er foreløpig få forskningsresultater som viser hvorvidt disse sporstoffene er helsefremmende ved inntak. Jod er derimot påvist å redusere sykdommen struma. Men det er også påvist at for mye jod kan fremme struma (Aasland, 1997). Hvor egnet norsk sukkertare er til mat kan diskuteres. I følge Indergaard (2010) er det to hovedgrunner til at brunalger ikke er en optimal ernæringskilde. Den ene er at de fleste karbohydratene i sukkertare er utilgjengelig for mennesker. Polysakkarider (karbohydrater) er bundet med to typer bindinger. De er α -bindinger og β -bindinger. α -bindingene kan lett spaltes ved hjelp av menneskets eget enzym amylase, β -bindingene kan ikke spaltes i fordøyelsessystemet til mennesker. De samme polysakkaridbindingene finner en i cellulose. Mennesket mangler enzymet som kan bryte opp og utnytte disse.

I følge Indergaard (2010) inneholder sukkertare et annet stoff som kan hindre oss i å ta opp proteinene igjennom fordøyelsen. Polyfenoler er organiske ringforbindelser som blant annet kan binde seg til proteinene sukkertaren inneholder. Dette skjer når cellene blir knust i fordøyelsen og fenolene frigitt. Magesekken vil allikevel oppleve en fylende effekt.

Fôr

Det finnes lite informasjon om sukkertare som fôrressurs. Derimot finnes det dokumentasjon om temaet knyttet til andre brunalger, først og fremst butare (*Alaria esculenta*) og grisetang (*Ascophyllum nodosum*). Det fortelles av Indergaard (2010) at kyr og sauer ved kysten spiste brunalgene som lå i fjæra. Sukkertare er utilgjengelig for beitende dyr siden den vokser under den sublittorale sonen.

Indergaard (2010) viser også at det ble gjort et omfattende forskningsarbeid på 1950-tallet for å avdekke den reelle nytteverdien av makroalger som fôrtilskudd. Forskningen omfattet høner, kyllinger, sauer, griser, okser og syv par eneggete tvillingsett av trønderfe. Resultatene viste høy kvalitet tangmel kan være en god kilde for en rekke vitaminer og mineraler. En bedring i ullproduksjonen hos sau og høyere melkeutbytte hos kyr ble påvist, ved tilskudd med tangmel. Forsøket med melkefe omfattet syv sett eneggede tvillingfe i 7 laktasjonsperioder. Det ble oppnådd signifikant øking i melkeproduksjonen (på 6 %) ved å bytte ut den vanlige mineralblandingen med kalsiumfosfatforsterket tangmel. Oppfatningen

har derav blitt at makroalger som fôrressurs er hensiktsmessig for å dekke vitaminer og mineralene i kostholdet til dyr.

I dag er Algea as. ved Kristiansund den eneste fabrikken i Norge som produserer tangmel til kommersiell bruk.

Farmasi

Aasland (1997) viser til et samarbeid på slutten av 1980-tallet hvor FCM Biopolymer as, tidligere Protan samarbeidet med NOBIPOL (NTNU, Norwegian Biopolymer Laboratory) og fant en metode for å rense alginat. Protan var på den tiden en norsk produsent av alginatsyre. Rensingen de utviklet ble kalt for ultrarensing. Ultrarensset alginat åpnet muligheten for å bruke den som en membran til levende celler. Membranen blir fremstilt ved å dryppe alginatvæske ned i kalsiumklorid (vedlegg 1). Da omdannes væsken til geléaktige kuler. Ved å bruke disse resultatene har forskere utviklet kuler med de riktige egenskapene til å innkapsle celler. Teknologien blir blant annet brukt til diabetikere, reparering av defekte celler og helingsprosesser etter kreft.

Silva *et al.* (2010) tar for seg fucoidan som er et sulfat polysakkarid i brunalgene. Dette har vist seg å ha svært nyttige medisinske egenskaper. Det er påvist å være kreftforebyggende, antiviral, blodfortynnende og betennelsesdempende. Slike egenskaper kan ha stor verdi for framtidig utvikling av medisiner mot virussykdommer som HIV og herpesviruset (Gupta, 2011). Alginat blir også brukt som avstøpningsmateriale for å lage tannproteser og som ingrediens i kompresser ved sårbehandling.

Bergslien og Helland 2011 har vist i figur 57 forholdet mellom biomasse, bruksområdene og lønnsomheten.

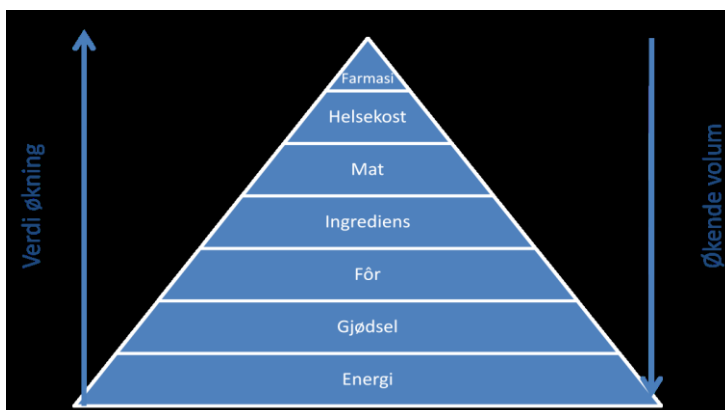


Figure 57: Dess lenger ned i figuren man kommer jo større volum trengs for å få en økonomisk bærekraftig produksjon av makroalger til det gitte formål (Bergslien og Helland, 2011)

5.2 Fosfor i fremtiden

Den andre underproblemstillingen tar for seg grunnstoffet fosfor og dets plass i fremtidens jordbruk. Vi forklarer hva fosfor er, hvor det finnes og hvilke utfordringer vi står ovenfor knyttet til bruk av fosforressursene på jorda. Senere i kapittelet diskuterer vi hvilken rolle makroalger kan spille i fremtiden for fosforressursene.

Karakteristikk

I følge Brady (2000) er fosfor et vanlig grunnstoff og rangeres på 12. plass blant de hyppigst forekommende grunnstoffene på jorda. Omtrent 0,1 % (vektprosent) av jordskorpen består av fosfor. Fritt fosfor finnes i tre former; hvitt, rødt og svart fosfor. Disse skilles med hvor reaktive de er med andre grunnstoff, blant annet med oksygen.

Brady (2000) forklarer videre at fosfor har en rekke viktige funksjoner. Fosfatenheter finnes i alle organismers arvestoff (DNA). Disse er med på å styre kjemien i cellene våre og overfører genetisk informasjon til fremtidige generasjoner. Fosfatenheter finner vi også i cellemembraner. I tillegg er det i fosfor-oksygen forbindelser i den lagrede energien adenosintrifosfat (ATP) som blir frigjort i organismene når næringsstoffer forbrennes.

Brady (2000) beskriver at fosfor alltid fremstår i form av forbindelser, og binder seg til de fleste ikke-metaller. De vanligste forbindelsene er med oksygen og halogen. Det finnes i hovedsak tre typer forbindelser; fosforoksider, halogenforbindelser og fosforsyre. Fosforoksider dannes når fosfor reagerer med oksygen. Halogenforbindelser oppstår når fosfor reagerer med halogener, for eksempel klor. Fosforsyre dannes når fosfatmineraler reagerer med svovelsyre.

Bruksområder

I følge Brady (2000) er fosfor mye brukt på grunn av mange gode egenskaper. Fosforoksider brukes ofte som et tørkemiddel som trekker fuktighet ut fra luft og andre gasser. Fosforhalogenforbindelsene brukes mye i brannslukningsapparater.

Cordell *et al.* (2008) viser at mesteparten av fosfor-forbindelsers industrielle anvendelse er gjennom fosfater og fosforsyre. Omtrent 85 % av den årlige fosforproduksjonen brukes til å fremstille fosforsyre. Den brukes i rengjøringsmidler og som mattilsetning. Men det aller viktigste bruksområdet til fosforsyre er til matproduksjon i jordbruket, hvor den utnyttes til å

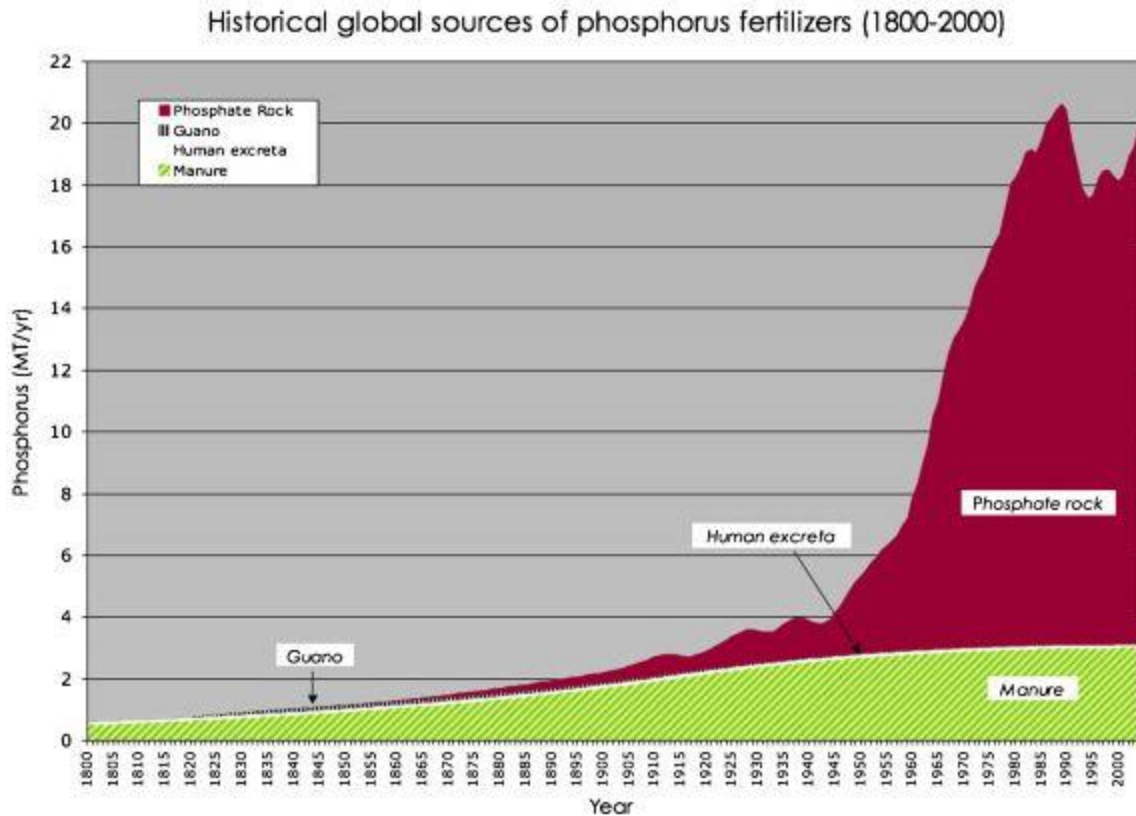
lage kunstgjødsel (Brady, 2000). For å lage fullverdig kunstgjødsel blandes fosforsyren sammen med nitrogen og kalium.

Zumdahl (2002) forklarer at fosfor er essensielt for plantevekst. Selv om mye av jordskorpen inneholder fosfor, er den ofte lagret i uløselige mineraler som plantene ikke kan ta opp. Derfor lages oppløselige fosfat-gjødsler ved å knuse opp fosfatstein og blande det med svovelsyre. Slik blir fosforsyre dannet. Reaksjonen som oppstår ved blanding av fosforsyre og ammoniakk, danner et meget effektivt gjødslingsmiddel som supplerer plantene med både fosfor og nitrogen.

Forekomster og reserver

Cordell *et al.* (2008) viser at fosfor finnes i all mat vi spiser og blir derfor en naturlig del av vår avføring. Både urin og avfallsmateriale fra kroppen vår inneholder fosfor. Dette fant kineserne ut tidlig i sin sivilisasjon. De begynte derfor å bruke menneskelig avfallsmateriale som gjødsel til avlingene sine. Det samme gjorde japanerne fra 1100-tallet. Senere tok også Europeerne i bruk dyre- og menneskeavfall som gjødsel. Under sulteperiodene i Europa på 1700-1800-tallet økte behovet for gjødsel, og det ble da importert store mengder ben fra dyr. Ben inneholder store mengder fosfor og kunne utnyttes som gjødsel. I starten av 1800-tallet ble det også utviklet nye jordbruksteknikker hvor blant annet kløver ble brukt for å øke nitrogenopptaket fra luften, slik at avlingene kunne gro bedre. Frem til midten av 1800-tallet var det vanlig å bruke organiske avfallsstoffer som menneskelig avfall, industrielt organisk avfall, dyreekskrementer, fisk, aske, ben og slakteavfall som fosforgjødsel (figur 58).

Cordell *et al.* (2008) sier videre at fra 1850 og senere ble det vanlig å bryte opp stein som var rik på guano. Denne steinen inneholdt mye fosfor på grunn av innholdet i fugleekskrementene, og ble raskt en verdifull kilde til gjødsel. Men siden denne typen stein var en begrenset ressurs, begynte markedet å synke betraktelig på slutten av 1800-tallet. I midlertid var dette starten på å utvinne fosfor i mineralform, og fosfatstein som gjødsel ble stadig mer populært utover 1900-tallet (figur 58). I dag produserer vi nesten utelukkende all kunstig gjødsel av fosfatstein.



Figur 58: Før 1800-tallet var kun ekskrementer fra mennesket (human excreta) og avfall fra dyr (manure) brukt som fosfor-gjødsel. Utvinning av stein som inneholdt fugleavføring (guano) rundt år 1850, resulterte i oppdagelsen av fosfatstein som i dag er den vanligste fosforressursen til kunstgjødsel, (Cordell, 2008).

Cordell *et al.* (2011a) sammenligner fosfor med utvinning av olje. Den fosfatsteinen som er enklest å nå og som har høyest kvalitet, blir prioritert først, slik som høykvalitetsolje i lett tilgjengelige berggrunner blir prioritert. Det er ikke mangel på fosfor generelt i jordskorpen, men mengden som kan utnyttes produktivt er mye mindre. Disse mengdene finnes på steder hvor konsentrasjonen av fosfatstein er stor; kun noen få steder på jorden. Å trekke ut fosfatstein fra steder med lav konsentrasjon representerer store fysiske, økonomiske, tekniske, geopolitiske, økologiske, rettslige og miljømessige flaskehalsar.

I følge Cordell *et al.* (2011a) er den totale forbruksraten av fosfater per år er 160-170 millioner tonn (2011). International Fertilizer Development Center (IFDC) har estimert hvor mange år de globale fosforreservene har igjen, ved å benytte denne forbruksraten. De kom frem til at levetiden på jordas fosforreserver er 300-400 år.

Cordell *et al.* (2008) viser til fordelingen av fosforressursene på jorda. Hoveddelen av de gjenværende fosforreservene kontrolleres av noen få land; Kina, USA og Marokko. Kina har de største lagrene, men de har økt prisene på eksport. Dette fører til at Kina nesten ikke

eksporterer fosfor, og bruker mesteparten av lagrene til å sikre innlandsforbruk. Historisk sett er USA den største produsenten, forbrukeren, importøren og eksportøren av fosfatstein og fosfor-gjødsel. Men i dag er det estimert at USAs fosforreserver har en levetid på 25 år. Marokko og Vest-Sahara sitter på mer enn en tredjedel av verdens høyverdige fosfatsteinreserver. Siden Marokko har okkupert Vest-Sahara, kontrollerer Marokko begge landenes reserver og er verdens største eksportør av fosfatstein. Vest-Europa og India er totalt avhengig av fosfatstein-import.

Problematikk

Global fosfor-mangel vil sannsynligvis bli en av 2000-tallets største utfordringer (Cordell *et al.* 2011a). I tillegg til en lang rekke med næringsstoffer, må planter ha fosfor for å vokse. Det finnes ingen erstatning til fosfor og er derfor en vital faktor for å produsere maten vi spiser (Cordell *et al.* 2008). Hovedproblemet er at jordas fosforlagre tappes og nærmer seg uttømming. Dette fører med seg flere nye problemer og forsterker mange eksisterende problemer.

Cordell *et al.* (2011a) viser at globalt fosforbehov vil øke for å kunne dekke matbehovene til dem som allerede lider av sult og matmangel. En milliard mennesker lever i sult i dag. I tillegg er det forventet et ekstra fosfor-behov for å produsere mat til den stadige befolkningsveksten. Med dagens reproduksjonsrate vil jordens befolkning øke med to til tre milliarder mennesker innen 2050.

Cordell *et al.* (2011a) viser at det i dag utvinnes 20 millioner tonn fosfor årlig fra fosfatstein. Omtrent 19 millioner tonn av denne fosforen utvinnes spesielt for matproduksjon. Men kun en femtedel av denne fosforen når maten vi spiser. Det resterende produktet forsvinner underveis i prosessene rundt utvinning, transport, gjødsling og ikke minst utvasking.

Cordell *et al.* (2008) viser til at kjøtt og meieriprodukter inneholder høyere fosfor-nivåer enn andre matvarer, og blir mer og mer populært i de høyt befolkede landene, India og Kina. En person med vegetabilsk kosthold skiller ut 0,3 kg fosfor per år, mens en person med kjøttbasert kosthold skiller ut hele 0,6 kg fosfor per år. I følge «International Water Management Institute» må global matproduksjon øke med 70 % innen 2050 for å møte behovet. Dette vil øke behovet for ytterligere fosforproduksjon. Nylig forskning indikerer at endring fra et vestlig kosthold til et vegetarisk kosthold vil kunne senke fosforbehovet i gjødslingsmiddel med 20-45 %.

Videre viser Cordell *et al.* (2008) at biodrivstoff- og biogassindustrien har som formål å kunne erstatte tjenester og produkter som drives av fossil energi. Men selv om den representerer en av flere mulige løsninger på klimakrisen, skaper bioenergiindustrien to viktige utfordringer. For det første og som nevnt tidligere, konkurrerer en del av dagens bioenergi med matproduksjon. For det andre vil bioenergiproduksjon kreve enda mer kunstgjødning, derav enda mer fosfor.

I følge Cordell *et al.* (2008) vil en økende fosforproduksjon vil også belaste klima og miljø. Produksjonen av gjødslingsmiddel fra fosfatstein involverer store karbonutslipp, radioaktive biprodukter og utslipp av tungmetaller. Hvert år blir 30 millioner tonn fosfatstein fraktet rundt til forskjellige steder på jorden og representerer et betydelig klimagassutslipp.

Videre utreder Cordell *et al.* (2008) at omtrent 70 % av verdens ferskvannsbehov er hos landbruket og omtrent 90 % av verdens behov for fosfor er til dyrking av mat. Disse to ressursene henger med andre ord tett sammen. Det er forutsett at behovene for ferskvann og fosfor vil bli større enn hva man klarer å forsyne verden med i de kommende tiårene.

Tidligere tider havnet som regel menneskelig avfall som urin og avføring tilbake på land. I dag derimot, ender avfallet som oftest i vannveien, og blir skylt ut i havet hvor det lagres i store mengder. I følge Cordell *et al.* (2008) gjør disse «kloakkdeltaene» storbyene om til «fosfor-hotspots», på grunn av den store lagringen av avfall i undervannssedimenter, eller som gjørme i avfallsdeponi. Avfallsutslippet medfører eutrofiering både i sjøvann og ferskvann. Dette kan true drikkevannsreservoar i ferskvann, samt biodiversiteten i limnisk og marine miljø.

Cordell *et al.* (2011a) skisserer seks kroniske problemer knyttet til dagens utnyttelse av fosfor:

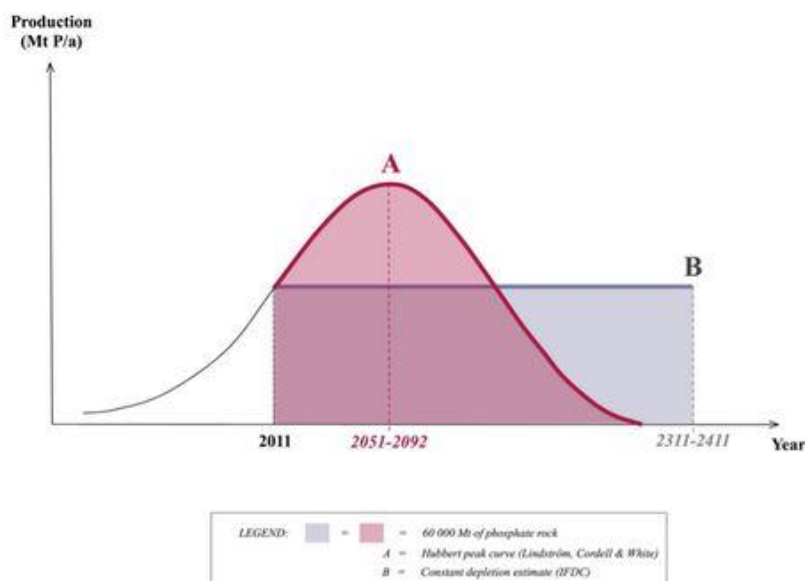
1. Tilgangen til fosfor er allerede urettferdig fordelt, og mange av den ene milliarder menneskene som sulter er fattige bønder. Disse bøndene arbeider med fosforfattig jord og har ikke tilgang til kunstgjødselmarkedet.
2. Den allerede skjeve fordelingen av fosfatreservene kontrolleres av et enkelt land. Marokko har monopol på over en tredjedel av verdens fosfatressurser.
3. Gjødslingsmiddel vil bli dyrere og dyrere etterhvert som reservene gradvis blir tømt.
4. Man vil oppleve hyppigere stigninger i pris på fosfatmineral, og dette vil gjøre import-avhengige steder som India, Australia, EU og Afrika (sør for Sahara) sårbare.

5. På grunn av en lite effektiv matproduksjon og et lite effektivt forbrukssystem havner kun en femtedel av den utvunne fosforen i maten vi spiser.

6. Den nåværende bruken av fosfor til matproduksjon har ledet til en global epidemi av ferskvannseutrofi og marine «dødsoner» på grunn av et intensivt utslipp av fosfor. Dette truer mange av verdens drikkevannsreservoar og setter biodiversiteten i vann i fare.

Peak Phosphorus

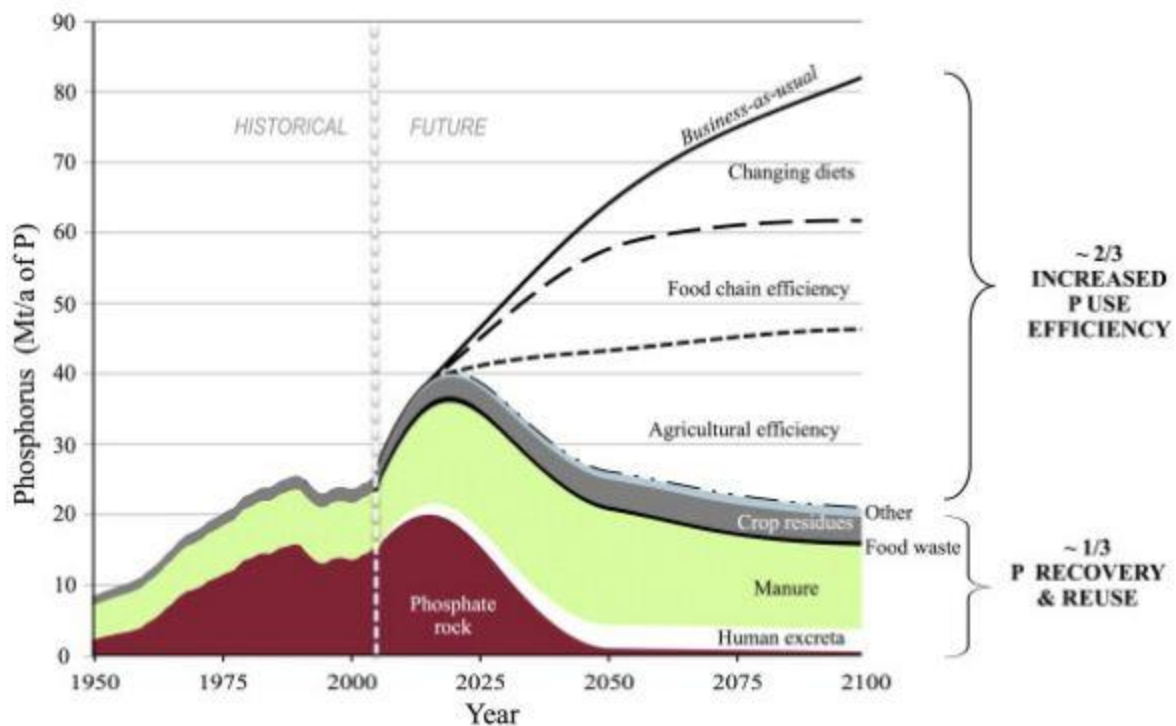
I følge Cordell *et al.* (2011b) viser kurven «Peak Phosphorus» (figur 59) punktet i tid hvor produksjon av billig, høykvalitets fosfatstein når sitt maksimum punkt. Etter denne «toppen» vil det bli dyrere og mer energikrevende å produsere fosfatstein. «Peak Phosphorus» er forventet til å være et slags ujevnt platå med varierende markedspris, slik som «Peak Oil», for deretter å bli drastisk dyrere. IFDC har estimert at det gjenstår 60 000 millioner tonn fosfatstein og anslått en mulig «Peak Phosphorus» mellom år 2051 og år 2092 med en median på år 2070. Det som synes ganske sikkert er at vi vil nå «Peak Phosphorus» i løpet av 2000-tallet.



Figur 59: Sammenligning av «Peak Phosphorus» kurven (A) og et scenario hvor man tømmer ut fosfor-lagrene med dagens produksjon (B). Arealet under kurvene er i begge tilfelle 60 millioner tonn fosfatstein. (Cordell *et al.* 2011b).

Resirkulering og gjenbruk

Cordell *et al.* (2011a) har utarbeidet et scenario for global fosforbruk og indikerer at for å møte det økende behovet må «business-as-usual» behovet senkes med to tredjedeler, ved å effektivisere forskjellige prosesser. Den gjenværende tredjedelen kan møtes ved å gjenvinne fosfor i avfall fra mennesker, gjødselproduksjon, matproduksjon og fosfatgruver (figur 60). En slik gjenvinning vil kreve store endringer i fysisk infrastruktur, nye partnerskap og strategisk politikk.



Figur 60: Et bærekraftig scenario for å møte det fremtidige fosforbehovet gjennom effektivisering og gjenvinning (Cordell *et al.* 2011).

I følge Cordell *et al.* (2008) er opp mot 25 % (en milliard tonn) av fosforen som er hentet ut fra gruver siden 1950, har endt opp i havet eller i søppelfyllinger, gjennom menneskelig avfall. 60-70 % av fosforen som mennesket skiller ut kommer fra urinen, mens de resterende 30-40 % kommer fra avføringen. Cordell *et al.* (2008) beskriver resirkulering av urbane næringsstoffer, blant annet fra urin og avføring, tilbake til landbruket representerer derfor en enorm mulighet for fremtiden. Vi er allerede i gang med en slik gjenvinning. På noen urbane steder i Pakistan og Asia blir mer enn 25 % av grønnsakene gjødslet med avfallsvann fra byene. The International Water Management Institute estimerer at på verdensbasis, bruker 200 millioner bønder behandlet eller ubehandlet avfallsvann til å vanne avlingene sine.

Cordell *et al.* (2011a) forklarer at frem til nå har fosfor-gjenvinning fra avfallsvann fått mest oppmerksomhet, men potensielt sett kan fosfor gjenvinnes fra et hvilket som helst organisk avfall. Det kan være alt fra blandet avfallsvann til egne organiske avfallstyper. Dette kan være urin og avføring, baderomsvann, dyregjødsel, dyrekadaver, ben og blod fra dyr, rengjøringsmidler, industrielt avfall, matavfall og avlingsoverskudd som alle inneholder en andel fosfor (tabell 12).

Tabell 12: Hvor stor fosfor prosentandel ulike organiskematerialer inneholder, (Cordell *et al.* 2011a)

Organic material	P (% P by weight)
Human urine	0.02–0.07
Human faeces	0.52
Human excreta	0.35
Activated sewage sludge	1.4
Sludge (from biogas digester)	0.48–0.77
Struvite	13–14
Cow dung	0.04
Poultry manure	1.27
Farm Yard Manure (FYM)	0.07–0.88
Rural organic matter	0.09
Vermicompost	0.65
Crop residues	0.04–0.33
Urban composted material	0.44
Oil cake (by-product from oilseed processing)	0.39–1.27
Meatmeal	1.09
Bonemeal	8.73–10.91

Note: Some caution should be exercised when using such phosphorus concentration values, as they will depend very much on whether the material is fresh wet-weight, semi-dried or slurry.

Cordell *et al.* (2011a) presiserer videre at for å estimere energikostnadene og gjennomførbarheten til fosforgjenvinning- og gjenbruk er det viktig å forstå hvordan fosfor blir fordelt gjennom hele prosessen, fra kilden (toalett) til sluttbruker (bøndene). Befolknings tetthet- og fordeling, samt sted og størrelse på landbruket og matproduksjonen er også viktige faktorer for kostnadene og gjennomførbarheten. Den nye globale utfordringen rundt fosfor-mangel innebærer at vi må utvikle nye teknikker for å resirkulere og gjenvinne fosfor som gjødsel, og kompensere for den stadige manglende, utilgjengelige og dyre fosfatsteinen. Samtidig innebærer også utviklingen at man tar hensyn til andre globale utfordringer, både innen miljø og samfunn. Dette inkluderer klimaendringer, mangel på fossilt

drivstoff, vannmangel, arealendringer, befolkningsvekst, urbane trender og eutrofi av næringsstoffer.

Cordell *et al.* (2011a) sier at ideelt sett bør ikke fosforgjenvinning- og gjenbruk skape en nettoøkning i energiforbruk. Det er store hull i forskning og kunnskap vedrørende energikostnaden til gjenvinning, raffinering og transport av fosfor. Det mangler også kunnskap om hvor store disse kostnadene er, sammenlignet med utvinning, prosessering og transport av fosfatstein til gjødsel. Fremtidig fosforgjenvinning må også ta høyde for fremtidige trender og pådrivere innen vann, sanitære forhold, mat- og miljøforvaltning.

Fosfor fra tang og tare

En av kildene til fosfor som Cordell *et al.* (2011a) foreslår er fra limnisk og marin vegetasjon, sedimenter og sjøvann (tabell 13). Både mikro- og makroalger kan benyttes som en fosforressurs.

Å utnytte makroalger som en fosforressurs er absolutt en mulighet. Som alle andre fotosyntetiske vekster, trenger også makroalger næringsstoffer for å vokse. Dette inkluderer fosfor, nitrogen, kalsium og flere andre næringsstoffer. Pattedyr, fisk og andre organismer i havet sørger for å skille ut næringssalter gjennom urin og avføring. Menneskelige utslipp i havet tilfører store mengder næringsstoffer. Makroalger utnytter disse næringsstoffene til å vokse, og tar dermed opp og lagrer fosfor sammen med andre næringsstoffer i plantekroppen.

Makroalger som for eksempel stortare, sukkertare, grisetang, kan hentes fra havet. Deretter kan de komposteres og utnyttes som gjødsel i landbruket (tabell 13). Det er mulig å tilføre kompostmaterialet direkte til avlingene, men fosforen kan også skilles ut fra

Tabell 13: Marin og limnisk vegetasjon, alger, sjøgress, sedimenter er en komposterbar ressurs som inneholder fosfor. (Cordell et al. 2011a)

Phosphorus sources	Phosphorus recovery and reuse process					
	i. Source separation and reuse	ii. Wastewater mixing and reuse	iii. Recovery and reuse of byproducts/residuals	iv. Struvite generation and reuse	v. Virgin extraction and processing	vi. Incineration/ burning and reuse
Type A: used sources	A1. Human excreta	e.g. Urine (storage and direct reuse), composted/dry faeces	e.g. Direct use of diluted wastewater; use of treated effluent as irrigation water	e.g. Activated sewage sludge from wastewater treatment plant; sludge from biogas/ biofuel digester; composted filter cake from sugar factories	e.g. From mixed wastewater at the treatment plant	e.g. Incinerating toilet*
	A2. Greywater	e.g. Treatment and non-potable reuse				
	A3. Animal manure	e.g. Direct application of manure			e.g. From dairy waste	e.g. Ashes from burning manure
	A4. Other industrial waste					
	A5. Animal meal	e.g. Ground bonemeal, meatmeal, bloodmeal		e.g. Ground bonemeal, meatmeal, bloodmeal		
	A6. Food waste	e.g. Composted food waste	e.g. In-sink garbage grinder	e.g. Composted residues from food processing		
	A7. Crop residues	e.g. Crop residues ploughed back into field		e.g. Oil press cakes ^c		e.g. Ashes from burning crop residues
Type B: new sources	B1. Crops	e.g. Green manure ^b		e.g. Sludge from anaerobic digestion of virgin crops		e.g. Slash and burn
	B2. Phosphate rock			e.g. Extracting P from phosphogypsum stockpiles		
	B3. Aquatic vegetation (e.g. algae, seaweed), sediments and seawater				e.g. Mining existing and potential reserves; seabed phosphate e.g. Compostable source of nutrients in coastal areas where algae accumulate	

5.3 Diskusjon, Anvendelse av sukkertare

Sukkertare og andre brunalger har vist seg å ha et bredt bruksområde. Det er derfor verdt å belyse at viss en dyrker sukkertare til energiformål vil noen restprodukter ennå være mulig å utnytte til andre formål. Ved å utnytte hele biomassen vil også bærekraften på produksjonen bli større. Figur 57 belyser lønnsomheten med å utnytte biomassen innen flere bruksområder. Et godt eksempel på å utnytte restmaterialet av biomassen er til gjødsling. Med å bruke biomassen fra sukkertare til å gjødsle på landjorden sørger for at de næringsstoffene vi tar opp fra havet også i størst mulig grad blir på land. Da vil vi kunne oppnå to positive effekter. Den ene er å være med på å redusere den stadige overgjødningen av havet. Den andre er å bringe næringssalter som vi allerede har skyldt på havet, tilbake.

5.4 Fosfor og makroalger

Utnyttelse av makroalger som en løsning på fosforkrisen bringer med seg noen utfordringer som må tas med i betraktning.

Makroalger er primærprodusent i havet og representerer svært artsrike samfunn. Derfor er det viktig at man ikke høster makroalgene direkte fra havbunnen. Dette vil føre til tap av biologisk mangfold, da mange arter vil miste næringsgrunnlaget og leveområdet sitt.

En løsning på dette problemet er å starte storskala dyrking av makroalger. På den måten vil ikke biologisk mangfold påvirkes i nevneverdig grad, og man får tilgang til en ressurs som utelukkende tjener ett formål; å utvinne fosfor. Det er også mulig å dyrke makroalger til to forskjellige formål. Før makroalgene brukes til gjødsel kan det utvinnes biodrivstoff av det. Restproduktet vil da høyst sannsynlig fremdeles inneholde store mengder fosfor. På denne måten kan man bidra til å løse to av de store utfordringene vi står ovenfor i fremtiden; fosforkrisen og klimakrisen.

Det gjenstår enda mye forskning innen emnet. Utvinning av fosfor fra makroalger er bare en av mange løsninger på fosforkrisen. Per dags dato finnes det ikke en enkeltløsning på fosforproblemet. Slik det ser ut i dag kreves det en innsats på mange forskjellige plan. Løsningen på fosforkrisen er resultatet av mange forskjellige enkeltløsninger, som sammen representerer en sterk sumvirkning.

Kapittel 6: Konklusjon

Våre resultater har vist at senhøst-tidlig vinter vokser sukkertaren best på 0,5 meter dyp. Senvinter-tidlig vår vokser sukkertaren best på 2 meter dyp. Det henger sammen med lysmengden som slipper inn i vannet. For å utnytte vekstpotensialet i sukkertaren optimalt, kan vi dermed konkludere med at det vil være naturlig å senke sukkertaren ned i dypet etter hvert som lysmengden blir større.

Selv om vi ikke kan påstå en økt vekst i forbindelse med oppdrettsanlegg, er det ingen tvil om at hvis dyrkingen skjer på rett sted med de rette miljøbetingelser, vil oppdrettsanlegget bidra til en positiv effekt på veksten.

Hvorfor sukkertaren på stasjon 1 var forsvunnet er viktig å belyse. Forklaringen på hvorfor de døde, er høyst trolig på grunn av lave salinitetsverdier i vannmassene. Dette er med på å underbygge at det er viktig å finne optimale miljøbetingelser for sukkertaren før prosjekter blir iverksatt. På steder hvor det er naturlig lave salinitetsverdier i vannmassene, er det viktig

at sukkertaren tilvendes disse forholdene før den monteres, viss dette lar seg gjøre. En annen løsning er å velge en stedegen art som naturlig vokser ved lave salinitetsverdier.

Vanninnholdet i biomassen er generelt sett likt for alle tareprøvene. Glødetap- og askeinnholdet i tareprøvene er relativt like. Trenden viser at askeinnholdet er litt mindre enn glødetapet. Askeinnholdet i resultatene våre er i overkant høye i forhold til hva andre studier har funnet. Forskjellene i vanninnhold, glødetap og askeinnhold er forbundet med sesongvariasjoner.

I havet er det meste av arealet urørt. Hvis vi kan starte en næring som kan gi oss mat, energi og gjødsel på en bærekraftig måte vil dette være en svært positiv utvikling for alle. Sukkertare og makroalger kan anvendes på veldig mange måter. Det dukker stadig opp nye produkter i alle de forskjellige anvendelsesområdene. Forskning spesielt rundt biodrivstoffproduksjon er under sterk utvikling. Produksjon av makroalger er spådd en svært lovende fremtid, blant annet av Bellona. Fredric Hauge påpeker i forordet til rapporten «*Tradisjonelt og Integrert Havbruk*» (Leonczek, 2013), at denne næringen har potensiale til å bli en milliard industri. Viss vi utnytter det fulle potensialet på de forskjellige bruksområdene kan vi oppnå denne lønnsome industrien.

Kildekritikk

I oppgaven har vi brukt et stort antall kilder. Det er viktig å stille seg kritisk til at informasjonen fra de er korrekt. I utgangspunktet har vi forholdt oss til primærkilder. Noen av rapportene og artiklene vi refererer til har også brukt kilder til sine produksjoner. Dette gjør at primærkildene våre i noen tilfeller kan betraktes som sekundærkilder. Det er viktig å poengtere at vi har brukt både primær- og sekundærkilder, men at vi i alle tilfeller er på sikre hvor informasjonen er hentet fra.

Fossheim (2007) er et eksempel på en sekundærkilde vi har vært kritiske til bruken av. Hun skrev sin artikkel for Bellona og Klassekampen der hun kommer med svært mange opplysninger innenfor klima og historie, uten at de er refererte til andre kilder. For at vi skal kunne bruke en slik kilde må vi vite at forfatteren har belegg for opplysningene hun/han kommer med. Hennes opplysninger virket korrekte. Derfor søkt vi opp noen av opplysningene hun kom med, samt sjekket bakgrunnen hennes. Opplysningene viste seg å være korrekte. I

t tillegg gjennomførte hun en doktoravhandling i marin økologi ett år før artikkelen ble skrevet. Av disse grunnene valgte vi å se på kilden som troverdig. Likevel vil vi presisere at metoden ved å gi forfattere troverdighet basert på «skjønn», ikke er en preferert metode vi har brukt.

I oppgaven er det noen studier og forfattere vi har henvist til mer enn andre. Blant annet Indergaard (2010) er hyppig benyttet i oppgaven. Studiet er brukt både i introduksjonen i underkapittel 1.3 og i litteraturstudiet i underkapittel 5.1. Vi mener at studiet til Indergaard er en troverdig kilde med god informasjon til disse to underkapitlene. Likevel er det alltid viktig å stille seg kritisk til informasjon som kun er hentet fra et sted.

Forfatteren Dana Cordell går igjen i flere artikler, i litteraturstudiets underkapittel 5.4. Hun er blant annet å finne i Cordell *et al.* (2008), Cordell *et al.* (2011a) og Cordell *et al.* (2011b). Her må vi stille oss kritisk til at underkapittelets informasjon er produsert av samme forfatter. Dette betyr at hver artikkel kan ha fått denne forfatterens synsvinkel og andre synsvinkler kan ha blitt utelatt.

Litteraturliste

AlgaeBase. 2014. *Phaeophyceae: Brown Algae*. Hentet 05.03.14 fra <http://www.seaweed.ie/algae/phaeophyta.php>

Andersen, G. Sogn, Foldager Pedersen, Laurentius Nielsen. 2013. *Temperature acclimation and heat tolerance of photosynthesis in Norwegian Saccharina latissima* (Laminariales, Phaeophyceae) DOI: 10.1111/jpy.12077

Andersen, Sissel, Øivind Strand, H. K. Strand. 2012. *Marin karbonfangst og matproduksjon*. Rapport nr. 25 fra Havforskningsinstituttet. http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/116752/1/HI-rapp_25-2012.pdf

Artsdatabanken, 2010. *Rødliste for arter 2010 – Saccharina latissima*. Hentet 18.03.2014 fra <http://www.artsdatabanken.no/rodlistearter>

Artsdatabankens faktaark ISSN1504-9140 nr. 5. Hentet fra <http://www2.artsdatabanken.no/faktaark/Faktaark5.pdf>

Beldring, Stein, Lars A. Roald og Astrid Voksø. 2002. *Avrenningskart for Norge*. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Hentet 16.05.2014 fra <http://www.nve.no/Global/Publikasjoner/Publikasjoner%202002/Dokument%202002/Trykkesil%202-02.pdf>

Bergslien, M, E. Helland. 2011. *Faglig evaluering av makroalger som marin havbruksart på vestlandet. s. 11*. Blue Planet AS. Hentet 13.04.14 fra <http://www.sjf.no/cmssff/cmsmm.nsf/lupGraphics/Faglig%20evaluering%20av%20makroalge>

rsom%20marin%20havbruksart%20pa%20vestlandet.pdf/\$file/Faglig%20evaluering%20av%20makroalgersom%20marin%20havbruksart%20pa%20vestlandet.pdf

Biomass Energy Center. 2008-2011. *What is biomass?* Hentet 31.03.2014 fra http://www.biomassenergycentre.org.uk/portal/page?_pageid=76,15049&_dad=portal&_schema=PORTAL

Boland, Knut Erik. 2013. *Turbiditet: Slik fungerer turbiditetsmålingen*. Hentet 29.04.2014 fra <http://www.tu.no/automatisering/nyheter/2013/05/02/slik-fungerer-turbiditetsmalingen>

Brady, James E. 2000. *Generell kjemi – grunnlag og prinsipper*. Trondheim. Tapir forlag

Brock, Thomas; Michael T. Madigan; John Martinko og Jack Parker. 1994. *Biology of Microorganisms 7th edition*. USA: Prentice Hall International, Inc.

Buchholz, C.M. Krause, G. og Buck . B.H. 2012. *Seaweed and Man*. s. 471-472. Hentet 03.04.14 fra [http://epic.awi.de/30424/1/Buchholz%20et%20al.%202012%20\(Seaweed%20Biology\).pdf](http://epic.awi.de/30424/1/Buchholz%20et%20al.%202012%20(Seaweed%20Biology).pdf)

Calogero, Giuseppe; Ilaria Citro, Gaetano Di Marco, Simona Armeli Minicante, Marina Morabito og Giuseppa Genovese. 2014. *Brown seaweed pigment as a dye source for photoelectrochemical solar cells*. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy Volum 117: 702–706.

Canadian Aquaculture. 2012. *Integrated Multi-Trophic Aquaculture*. Hentet 01.04.2014 fra <http://www.aquaculture.ca/files/species-multi-trophic.php>

Cicero. 2008. *Klimagasser*. Hentet 26.03.2014 fra <http://www.cicero.uio.no/webnews/index.aspx?id=10996>

Cordell, Dana, Jan-Olof Drangert, Stuart White. 2008. *The story of phosphorus: Global food security and food for thought*. Global Environmental Change 19: 295-305. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009.

Cordell, Dana, A. Rosemarin, J.J. Schröder. A.L. Smit. 2011a. *Towards global phosphorus security: A systems framework for phosphorus recovery and reuse options*. Chemosphere 84: 747-758. doi: 10.1016/j.chemosphere.2011.02.032

Cordell, Dana, Stuart White, Tom Lindström. 2011b. *Peak phosphorus: the crunch time for humanity?* The Sustainability review, 4. april 2011. Hentet 20.03.2014 fra <http://www.the-sustainability-review.org/2011/04/04/peak-phosphorus-the-crunch-time-for-humanity/>

Dawes, C.J. 1997. *Marine Botany* s.64-69. USA. Wiley.

Dalen, Marius. 2009. *Et hav av muligheter*. Bellona arbeidsnotat. Hentet 01.03.2014 fra http://bellona.no/imagearchive-no/binary_files_attachments/fil_Arbeidsnotat_Makroalger.pdf

Demirbas, A. 2010. «*Use of algae as biofuel sources.*» Energy Conversion and Management 51 (2010) 2738-2749. Doi: 10.1016/j.enconman.2010.06.010

Druehl, Louis D. 1967. *Distribution of two species of Laminaria as related to some environmental factors*. Journal of Phycology. Volum 3, utgave 2. s.103–108

Energiveven. 2009. *Næringssalter*. Hentet 31.03.2014 fra http://www.energiveven.no/leksikon/article.asp?Data_ID_Article=523&Data_ID_Channel=2

- Enova. 2012. *Ordforklaring: Definisjon og forklaring av terminologi*. Hentet 12.05.2014 fra <http://www.enova.no/getpage.aspx?menu=627>
- Fisheries and Ocean Canada. 2013. *Aquaculture in Canada: Integrated Multi-Trophic Aquaculture*. Hentet 16.05.2014 fra <http://www.dfo-mpo.gc.ca/aquaculture/sci-res/imta-anti/imta-anti-eng.htm>
- Food and Agriculture Organization. 2011. *Global Aquaculture Production Statistics for the year 2011*. United Nations. Fisheries and Aquaculture Department. Hentet fra <ftp://ftp.fao.org/FI/news/GlobalAquacultureProductionStatistics2011.pdf>
- Forbord, Silje, Jorunn Skjermo, Johanne Arff, Aleksander Hånda, Kjell Inge Reitan, Rasmus Bjerregaard, Klaus Lüning. 2011. *Development of Saccharina latissima (Phaeophyceae) kelp hatcheries with year-round production of zoospores and juveniles sporophytes on culture ropes for kelp aquaculture*. Journal of Applied Phycology. Volum 24, utgave 3. s. 393-399
- Fossheim, M. Bellona. 2007. *Klimaet og menneskets historie*. Hentet 20.03.14 fra <http://bellona.no/nyheter/internasjonalt/2007-04-klimate-og-menneskets-historie>
- Fremtidens mat. 2014. *Tangprodukter fra Island - sukkertang*. Hentet 01.04.14 fra <http://www.fremtidensmat.no/products/gavepakker/sukkertang-50-g>
- Gao, K, McKinley. K. R. 1994. *Use of macroalgae for marine biomass production and CO₂ remediation: a review*. Journal of Applied Phycology. Volum 6, utgave 1. s. 45-60.
- Gerard VA, Du Bois KR. 1988. *Temperature ecotypes near the southern boundary of the kelp Laminaria saccharina*. Marine Biology. Volum 97. s.575–580
- Gupta, Shilpi, Nissreen Abu-Ghannam. 2011. *Bioactive Potential and Possible Health Effects of Edible Brown Seaweeds*. Trends in Food Science & Technology. Volume 22: 315-326.
- Haug, Arne, Arne Jensen. 1954. *Seasonal variations in the chemical composition of Alaria Esculenta, Laminara Saccharina, Laminara Hyperborea and Laminara Digitata from northern Norway*. Norwegian Institute of Seaweed Research. Report No. 4
- Horn, Svein. 2009. *Bioenergy from brown seaweeds*. NTNU. Departement of Biotechnology. 83 s.
- Holdt, Susan, Stefan Kraan. 2011. *Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation*. Journal of Applied Phycology. Volume 23, Issue 3, pp 543-597.
- Hånda, Alexander, Silje Forbord, Xinxin Wang, O.J. Broch, Stine W. Dahle, Trond R. Størseth, K.I. Reitan, Yngvar Olsen, Jorunn Skjermo. 2012. *Seasonal- and depth-dependent growth of cultivated kelp (Saccharina latissima) in close proximity to salmon (Salmo salar) aquaculture in Norway*. Science direct.
- Indergaard, Mentz. 2010. *Tang og tare - i hovedsak norske brunalger: Forekomster, forskning og anvendelse*. NTNU. 132 s. Hentet fra <http://ntnu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:397862>
- International Energy Agency (IEA). 2012. *CO₂ emissions from fuel combustion - highlights* Hentet 19.03.14 fra <https://www.iea.org/co2highlights/co2highlights.pdf>

International Panel of Climate Change. 2013. *Fifth Assessment Report (IPCC AR5) Summary for Policymakers*. Hentet 16.03.14 fra http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf

Lande, Britt. *Karbohydrater*. Store Medisinske Leksikon. Hentet 31.03.14 fra <http://sml.snl.no/karbohydrater>

Leonczek A. 2013. *Tradisjonelt og Integrert Havbruk*. Bellona. Hentet 03.04.14 fra http://bellona.no/assets/Bellona-rapport_Tradisjonelt-og-Integrert-Havbruk-2013.pdf

Lüning, Klaus. 1990. *Seaweeds: Their Environment, Biogeography and Ecophysiology*. Tyskland. Wiley.

Lundhaug, M., Meisterplass, E. og Selseng, G. 2013. *IMTA-løsningen på konflikten mellomproduksjon av mat og produksjon av biodrivstoff. Gjennomføring av et småskala forsøk med dyrking av tare i Eikefjorden 2012*. Bachelor-oppgave Fornybar energi, Avdeling for Ingeniør- og Naturfag. Høgskulen i Sogn og Fjordane. 74 s pluss 22 appendixtabeller.

Meteorologisk Institutt. *Salinitet*. Hentet 29.04.2014 fra <https://metlex.met.no/wiki/Salinitet>

Meteorologisk Institutt. *Klima*. Hentet 26.03.2014 fra <http://met.no/Klima/>

Midthun, C. og Øvrebotten, K. 2013. *På hvilke kriterier kan man si at marin eller terrestrisk primærproduksjon er best egnet til produksjon av biodrivstoff? Utføring av et småskala forsøk med dyrking av tare i Eikefjorden*. Bachelor-oppgave Fornybar energi, Avdeling for Ingeniør- og Naturfag. Høgskulen i Sogn og Fjordane. 77 s. pluss 22 appendixtabeller.

Miljødirektoratet. 2013. *Rapportering på bærekraftskriterier for biodrivstoff og flytende biobrensel*. Veileder M10. Hentet 24.04.2014 fra <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M10/M10.pdf>

Miljøstatus i Norge. 2014. *Utslipp av klimagasser fra transport*. Hentet 19.03.14 fra <http://www.miljostatus.no/Tema/Klima/Klimanorge/Kilder-til-utslipp-av-klimagasser/Transport/>

Moy, F., Christie, H., Steen, H., Stålnacke, P., Aksnes, D., Alve, E., Aure, J., Bekkby, T., Fredriksen, S., Gitmark, J, Hackett, B, Magnusson, J, Pengerud, A, Sjøtun, K, Sørensen, K, Tveiten, L, Øygarden, L, Åsen, PA. 2008. *Sluttrapport fra Sukkertareprosjektet 2005-2008*. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport 1043/08, Prosjektnr: O-28046; 2009; s. 131.

Moy, Frithjof, Tone Kroglund. 2006. *Sukkertare – Saccharina latissima*. NIVA

Mouritsen, Ole G. 2013. *Seaweeds: edible, available, and sustainable*. USA, The University of Chicago press. s. 98

Norsk Petroleumsinstitutt. 2012. *Biodrivstoff*. Hentet 19.03.14 fra <http://www.np.no/biodrivstoff/>

NOU 2012. *Energi, klima og miljø: 19.2 Klima*. Hentet 01.05.2012 fra <http://www.regjeringen.no/nb/dep/ud/dok/nou-er/2012/nou-2012-2/20/2.html?id=669701>

- Pedersen, Bjørn. *pH*. Store Norske Leksikon (SNL). Hentet 29.04.2014 fra <http://snl.no/pH>
- Pedersen, Kamilla. 2012. *Hva er egentlig drivhuseffekten?* Yr.no. Hentet 16.05.2014 fra <http://www.yr.no/nyheter/1.8026249>
- Ryther, J. D, Deboer JA, Lapointe BE. 1979. *Cultivation of seaweeds for hydrocolloids, waste treatment and biomass for energy conversion*. Proc Int Seaweed Symp 9:1–16
- Silva, Tiago H, Anabela Alves, Elena G. Popa, Lara L. Reys, Manuela E. Gomes, Rui A. Sousa, Simone S. Silva, João F. Mano, og Rui L. Reis. 2012. *Marine algae sulfated polysaccharides for tissue engineering and drug delivery approaches*. Biomatter. Oct 1, 2012; 2(4): 278–289. doi: 10.4161/biom.22947
- Sletnes, Kari Berit. Store Norske Leksikon. Naturvitenskap. Hentet 31.05.2014 fra <http://snl.no/naturvitenskap>
- Shmelyova, V.L, Izmestyeva M.A, Kovardakovsa. 2000. *Content of mannite, chlorophyll a and dry matter in Laminaria saccharina tissues*. Functional ecology, volum 50.
- Sjøtun, Kjersti. 1993. *Seasonal Lamina Growth in two Age Groups of Laminaria saccharina (L.)* Botanica Marina Volum 36, utgave 5
- Spurkland, Tania, Katrin Iken. 2011. *Salinity and irradiance effects on growth and maximum photosynthetic quantum yield in subarctic Saccharina latissima (Laminariales, Laminariaceae)*. Botanica Marina 54: 355-365.
- Statistisk Sentral Byrå. 2014. *Utslipp av klimagasser, 1990-2012*. Hentet 22.04.14 fra <http://www.ssb.no/klimagassn/>
- Store Norske Leksikon (SNL). 2005-2007a. *Klorofyll*. Hentet 29.04.2014 fra <http://snl.no/klorofyll>
- Store Norske Leksikon (SNL). 2005-2007b. *Secchi-skive*. Hentet 14.05.2014 fra <http://snl.no/secchiskive>
- Store Norske Leksikon (SNL). 2005-2007c. *Kalsiumklorid*. Hentet 01.04.2014 fra <http://snl.no/kalsiumklorid>
- Svenning, M. A, Jonsson, B. 2005. *Kystøkologi: Økosystemprosesser og menneskelig aktivitet*. Hentet 30.04.2014 fra <http://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/temahefte/031.pdf>
- The University of Edinburgh. 2008. *Generations of Biofuels*. Hentet 09.04.14 fra <http://energyfromwasteandwood.weebly.com/generations-of-biofuels.html>
- Ung Energi. 2012. *Biodrivstoff*. Hentet 28.04.2014 fra <http://ungenergi.no/transport-i-fremtiden/biodrivstoff/>
- Universitet i Oslo. 2011. *Coriolis effekt*. Hentet: 01.04.2014 fra <http://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/c/coriolis.html>
- Vonnegut, K. 1991. *Fates Worse than Death*. Berkley Trade.
- Wiencke, Christian, Bischof, K. 2012. *Seaweed Biology: Novel insight into Ecophysiology, Ecology and Utilization*. Tyskland, Heidelberg. Springer. Kapittel 5. s.87-109.

Wikipedia. *Saccharina latissima*. Hentet 06.05.14 fra http://en.wikipedia.org/wiki/Saccharina_latissima#

Williams, A. 2009. *CTD (Conductivity, Temperature, Depth) Profiler*. Encyclopedia of Ocean Sciences. 2nd edition. s. 708-717.

World Health Organization. 2012. *Specifications and evaluations for public health pesticides: Deltamethrin*. Hentet 01.04.14 fra http://www.who.int/whopes/quality/Deltamethrin_eval_specs_WHO_November_2012.pdf

Yr. 2013. *Været som var, Svelgen målestasjon*. Hentet 29.05.2014 fra http://www.yr.no/sted/Norge/Sogn_og_Fjordane/Flora/Eikefjord/statistikk.html

Zero Emission Resource Organization (Zero). 2007. *Fra biomasse til biodrivstoff*. Hentet 23.04.2014 fra <http://www.zero.no/publikasjoner/fra-biomasse-til-biodrivstoff>

Zumdahl, Steven S. 2002. *Chemical principles*. Boston/New York: Houghton Mifflin Company. 1200 s.

Aasland, Trond.1997. *Utfordringer fra havet- om utnyttelse av tang- og tareressurser*. Pronova Biopolymer AS. Oslo. Didakta forlag. 182 s.

Internettlenker

<http://www.fao.org/docrep/005/AC860E/AC860E09.htm>).

www.artsportalen.artsdatabanken.no/#/Rodliste2010/Vurdering/Saccharina+latissima/19118

<http://www.fremtidensmat.no>

<http://phosphorusfutures.net/publications>

Google Maps 2014 <http://www.maps.google.com>

NVE ATLAS 2014 <http://atlas.nve.no/ge/Viewer.aspx?Site=NVEAtlas>

Vedlegg

Vedlegg 1: Begrepsforklaring

Dette vedlegget søker å forklare begreper og terminologi som er brukt i oppgaven. Vedlegget kan brukes som et oppslagsverk for de begrepene som ikke er definert i selve oppgaven, og er sortert alfabetisk.

Biodrivstoff: «Biodrivstoff er fellesbetegnelse på flytende eller gassformig drivstoff basert på biomasse som kan brukes i forbrenningsmotorer. Det finnes i dag tre typer biodrivstoff; biodiesel, bioetanol og biogass» (Norsk Petroleuminstitutt, 2012).

Biodiesel: Biodiesel er per dags dato hovedsakelig framstilt av planteoljer (soya eller raps) eller annet biologisk basert fett, gjennom forestering (kjemisk prosess der en syre og et alkohol reagerer og danner en ester). Det kan brukes ublandet, altså 100 % biodiesel. Egenskapene til biodiesel er svært lik vanlig diesel, noe som er gunstig med tanke på motorkonvertering (Ung Energi, 2012)

Biodrivstoff generasjoner: Man deler opp biodrivstoff i generasjoner etter hvor "avansert" utvinningen er. (Ung Energi, 2012).

1. **Førstegenerasjons** biodrivstoff er laget av **mat**. Det er for eksempel biodieselen FAME (fettsyremethylester) som er laget av raps-, kanola-, eller palmeolje. Et annet eksempel er bioetanol som er laget av sukker, mais eller hvete.
2. **Andre generasjons** biodrivstoff lages av **trevirke**. Eksempler er etanol, butanol, Fischer Tropsch diesel, pyrolyseoljer osv.
3. **Tredje generasjons** biodrivstoff lages av **mikro- og makroalger**.
1. **Fjerde generasjons** biodrivstoff er laget ved hjelp av **avanserte biokjemiske metoder**.

Biogass: Biogass er det minst omstridte og mest miljøvennlige biodrivstoffet i industriell skala i dag. Blant annet er det brukt i busser og diverse renholdsbiler i Oslo. Biogass blir produsert gjennom anaerob gjæring (fementering) av vått organisk avfall, som for eksempel kloakkslam eller matavfall. Biogass består av ca 60 % metan og 40 % karbondioksid. Biogassen blir lagret på trykktanker, som igjen blir utnyttet gjennom en forbrenningsmotor (Ung Energi, 2012).

Biomasse: "Biomasse er biologisk materiale fra levende eller nylig levende organismer (Biomass Energy Center, 2008-2011).

CO₂ ekvivalenter: CO₂-ekvivalent er en enhet som brukes i klimaregnskap og tilsvarer effekten en mengde CO₂ har på den globale oppvarmingen over en gitt periode, vanligvis 100 år. Det finnes flere typer drivhusgasser, og utslipp av disse gassene omregnes til CO₂-ekvivalenter i henhold til deres oppvarmingspotensial (Enova, 2012).

CTD (Conductivity - Temperature - Depth). Dette er et instrument som brukes til å måle konduktiviteten, temperaturen og dybden i vann (Williams, 2009).

Drivhuseffekt Drivhuseffekten er i utgangspunktet en naturlig prosess som virker oppvarmende på vår atmosfære og på jordens overflate. Det finnes gasser i atmosfæren som absorberer noe av varmestrålingen fra jordoverflaten og gjør at ikke all varmen forsvinner rett ut. De kalles drivhusgasser/klimagasser. Uten drivhuseffekten ville vi hatt en mye lavere overflatetemperatur. Om vi regner på jordas varmebalanse uten drivhuseffekten, vil energibalansen mellom jordas varmetap og energitilførsel fra solen gir en overflatetemperatur på ca -18 C°. Men siden drivhusgassene absorberer noe av den langbølgete strålingen fra jorda har vi en gjennomsnittstemperatur på ca 15 C°. Menneskelig aktivitet påvirker mengden og sammensetningen av drivhusgasser i atmosfæren. I senere tid har konsentrasjonen av drivhusgasser i atmosfæren økt, særlig med tanke på CO₂. Det er en tydelig vekst etter den industrielle revolusjonen. En ser også at den globale middeltemperaturen har en klar økning. Det er nemlig slik at når atmosfæren blir tilført mer av klimagassene, må den finne en «ny» balanse mellom energitilførsel fra sola og jordas varmetap (Pedersen, 2012).

Egenvekt måles i g/ml og er det samme som tettheten til sjøvannet. Egenvekten avgjøres blant annet av salinitet og temperatur.

Etanol: Etanol, eller alkohol som det heter i dagligtale, egner seg godt som drivstoff. Bioetanol kan lages av sukkerrør, mais (stivelse), trevirke og makroalger, gjennom anaerob gjæring. Etanol og bioetanol er det samme stoffet. Etanol har ikke like høy energieffektivitet som diesel, men det har mindre partikkelutslipp (Ung Energi, 2012).

GtC: Forkortelse for "Gigatonn of Carbon", som er en målenhet i SI-systemet for en milliard tonn ren karbon.

GtCO₂: Forkortelse for "Gigatonn of Carbon dioxide", er en målenhet for en milliard tonn karbondioksid

Kalsiumklorid: «CaCl₂, fargeløst eller hvitt fast stoff som oftest foreligger som hydratisert CaCl₂·6H₂O. Det dannes ved å løse kalsiumkarbonat i saltsyre... Vannfritt kalsiumklorid er meget hygroskopisk og ble særlig tidligere mye brukt som tørremiddel i eksikatorer og tårn for tørring av væsker og gasser, for å dempe støvplagen på grusveier (veisalt) og i kullgruver for å minske faren for kullstøvekspløsjoner» (SNL, 2005-2007c).

Karbohydrat: «Karbohydrater, tidligere kalt kullhydrater, samlebetegnelse for en gruppe forbindelser med beslektet kjemisk grunnstruktur; de er bygd opp av grunnstoffene karbon, oksygen og hydrogen. I plantene utgjør karbohydratene støtte- og bindevev, samt opplagsnæring. Karbohydrater utgjør den viktigste energikilden for størstedelen av Jordens befolkning og finnes hovedsakelig i vegetabiliske matvarer. De viktigste karbohydratene i kostholdet er sukkerarter, stivelse og kostfiber» (Lande, Store Medisinske Leksikon).

Klima: "Klima er en beskrivelse av gjennomsnittsværet på ett sted eller område, slik det fremkommer når enkeltobservasjoner bearbeides statistisk etter internasjonale retningslinjer." (Metrologisk institutt).

Klimagass: "Klimagassene (også kalt drivhusgasser) og skyer har den egenskapen at de slipper gjennom inngående solstråling relativt uhindret, mens de absorberer utgående varmestråling fra jorda" (CICERO, 2008).

Klorofyll er et fargestoff som gir planter grønn farge. Det finnes flere typer: a, b, c, d og bakterieklorofyller. Kjemisk skiller de seg lite fra hverandre. Klorofyllet driver fotosynesen som produserer karbohydrater og oksygen. Syntesen skjer kun når de nødvendige

mineralstoffene er tilstede (nitrogen, magnesium, jern, mangan m.fl), samt at det er sollys. (SNL, 2005-2007a).

Multitrofisk akvakultur: «Integrert Multi-Trofisk Akvakultur (IMTA) refererer til oppdrett av ulike arter i oppdrett sammen på en måte som gjør at en artenes avfall som skal resirkuleres som fôr til annen. Vanligvis IMTA systemer kombinerer oppdrettsart som krever ekstern fôring (f.eks laks og annen fisk) med arter som stammer næringsstoffer fra avfall av de "matet" arter» (Canadian Aquaculture, 2012).

Naturvitenskapelig forskning: Naturvitenskapelig grunnforskning søker å finne forklaringer for å gi en allmenngyldig forståelse av naturen. Ulike typer anvendt naturvitenskapelig forskning sikter direkte på å løse bestemte praktiske problemer. Enkelte naturvitenskapelige fagområder er idiografiske, andre nomotetiske naturvitenskap, fellesbetegnelse for empiriske vitenskaper hvor man søker og forvalter kunnskap om naturen og (både levende og ikke-levende) naturlige fenomener, til forskjell fra kulturvitenskap hvor det forskes på menneskeskape og sosiale fenomener (Sletnes, Kari Berit, SNL).

Norsk Rødliste for arter: "Norsk rødliste for arter 2010 er en oversikt over arter som er vurdert til å ha begrenset levedyktighet i Norge over tid. Vurderingene er basert på Den internasjonale naturvernorganisasjonen sine kriterier" (Artsdatabanken, 2010).

Nærings salt: "Er mineraler som plantene trenger for å kunne vokse. De inngår som viktige byggesteiner og komponenter i de ulike kjemiske reaksjoner i cellene. Næringsalter finnes naturlig i mange bergarter, men vi tilfører også næringsalter i form av gjødsel. Næringsalter frigjøres også når dødt materiale brytes ned. Makronæringsalter er de mineralene som plantene trenger forholdsvis mye av. Det er nitrogen, fosfor, kalium og kalsium, magnesium og svovel. De næringsaltene det kreves mye mindre av, men som er livsnødvendige kalles mikronæringsalter. Det er jern, mangan, kobber, zink, bor og molybden. Næringsaltene finnes i vann som ioner (har ladning), med negativ eller positiv ladning" (Energiveven, 2009).

Oksygeninnhold i sjøvann er målt i mg/l eller i metning % av sjøvannet.

Salinitet er saltholdigheten målt som vannets ledningsevne (konduktivitet). Sammen med temperatur påvirker den havets tetthet (egenvekt) og er derfor viktig for sirkulasjonen i vannmassene. Tettheten øker med saliniteten. Saliniteten i overflaten styres lokalt mellom innstrømming av vann og lokal fordamping og nedbør. Også avrenning fra ferskvannselver kan påvirke saltholdigheten. På dypet styres saltholdigheten av blanding av vannmasser med ulikt saltinnhold (Meteorologisk Institutt).

Secchi-skive Er en sikteskive som brukes for å måle hvor langt vi kan se ned i dypet. Den er hvit og kan være sirkel- eller rektangelformet (SNL, 2005-2007b).

Temperatur Sjøvannets temperatur måles med termometer eller termistor.

Turbiditet/partikkelinnhold er et mål for partikkelkonsentrasjon i sjøvannet. Dette måles ved å sende en bestemt mengde lys gjennom en væskebasert prøve, hvor dette lyset blir reflektert i ulike retninger av partiklene i væsken. Jo mer refleksjon, jo flere partikler og større turbiditet. En partikkel er hva som helst som har en heterogen overflate og som bryter lys annerledes enn hva sjøvann gjør. FTU (Formazin Turbidity Unit) brukes om målenhet. Jo lavere FTU, jo mindre partikler og klarere vann (Boland, 2013)

Vedlegg 2: Hydrografidata

Tabell 14: Betegnelsen F (µg/l) betyr klorofyll innhold, T (FTU) betyr partikkelinnhold og Ox % er oksygenmetningsprosenten

30. oktober 2013								
Stasjon	Dyp	Salinitet	Temp.	Egenvekt	mg/l	F (µg/l)	T (FTU)	Ox %
1	0,14	17,92	8,39	13,852	9,06	3,5	0,21	86,77
1	0,27	18,12	8,37	14,011	9,05	8,29	0,21	86,81
1	0,46	19,17	8,367	14,832	9,05	0,34	0,13	87,31
1	0,61	22,95	9,824	17,591	8,68	0,31	0,12	88,82
1	0,77	24,81	10,455	18,944	8,3	0,35	0,3	87,14
1	1,04	27,12	11,169	20,625	7,91	4,8	0,11	85,69
1	1,34	29,81	12,103	22,55	7,57	0,42	0,13	85,09
1	1,66	30,23	12,317	22,837	7,23	0,45	0,11	81,86
1	1,96	30,41	12,381	22,966	7,21	0,5	0,11	81,84
1	2,33	30,59	12,402	23,103	7,03	0,49	0,11	79,94
1	2,7	30,63	12,431	23,131	7,09	0,46	0,14	80,71
1	3,03	30,71	12,46	23,189	7,16	0,31	0,11	81,61
1	3,42	30,85	12,562	23,28	7,1	0,29	0,12	81,18
1	3,84	30,92	12,661	23,317	7,07	0,29	0,09	81,01
1	4,25	31,05	12,748	23,403	7,05	0,27	0,12	80,96
1	4,63	31,05	12,819	23,391	7,1	0,25	0,09	81,72
1	5,04	31,14	12,858	23,455	7,1	0,26	0,08	81,81
2	0,22	25,32	8,15	19,665	8,21	0,46	0,12	81,98
2	0,45	25,23	8,67	19,527	8,28	0,49	0,16	83,62
2	0,58	26,15	9,118	20,184	8,15	0,55	0,19	83,71
2	0,67	26,2	9,381	20,186	8,31	0,53	0,11	85,89
2	0,83	28,34	10,033	21,756	7,91	0,47	0,11	84,15
2	0,98	28,34	10,725	21,646	7,95	0,57	0,12	85,93
2	1,21	28,68	11,065	21,854	7,81	0,58	0,12	85,18
2	1,41	29,04	11,178	22,116	7,77	0,47	0,11	85,23
2	1,63	29,37	11,254	22,36	7,72	0,47	0,11	84,9
2	1,83	29,37	11,322	22,349	7,67	0,46	0,11	84,57
2	2	29,6	11,346	22,524	7,66	0,5	0,12	84,57
2	2,24	29,63	11,391	22,541	7,59	0,44	0,1	83,86
2	2,49	29,74	11,442	22,619	7,62	0,48	0,11	84,38
2	2,72	29,84	11,425	22,7	7,6	0,49	0,1	84,17
2	2,9	29,83	11,451	22,689	7,59	0,51	0,1	84,14
2	3,15	29,89	11,529	22,723	7,55	0,54	0,11	83,89
2	3,46	29,89	11,61	22,71	7,63	0,47	0,1	84,91
2	3,71	30,09	11,665	22,856	7,56	0,45	0,1	84,28
2	3,96	30,12	11,722	22,871	7,58	0,41	0,09	84,67
2	4,17	30,23	11,768	22,949	7,58	0,46	0,09	84,8

2	4,45	30,25	11,775	22,964	7,58	0,41	0,1	84,82
2	4,73	30,3	11,821	22,996	7,55	0,48	0,09	84,63
2	4,96	30,39	11,953	23,043	7,52	0,29	0,09	84,61
31. januar 2014								
1	0,22	32,94	6,474	25,867	8,14	0,11	0,09	82,05
1	0,32	32,97	6,476	25,89	8,2	0,1	0,09	82,64
1	0,41	32,98	6,511	25,894	8,13	0,1	0,07	82,03
1	0,77	33,03	6,52	25,934	8,22	0,1	0,08	82,95
1	1,03	33,06	6,523	25,959	8,2	0,17	0,08	82,83
1	1,29	33,07	6,545	25,965	8,16	0,1	0,08	82,45
1	1,71	33,12	6,567	26,003	8,21	0,1	0,08	82,98
1	2,1	33,18	6,588	26,05	8,18	0,1	0,09	82,76
1	2,51	33,2	6,634	26,062	8,24	0,1	0,08	83,53
1	2,87	33,24	6,817	26,071	8,28	0,1	0,09	84,25
1	3,32	33,32	7,269	26,074	8,25	0,09	0,09	84,99
1	3,6	33,49	7,376	26,194	8,12	0,09	0,08	83,93
1	4,08	33,63	7,434	26,299	8,11	0,1	0,09	83,98
1	4,54	33,57	7,508	26,243	8,17	0,09	0,08	84,71
1	5,04	33,64	7,54	26,296	8,05	0,1	0,1	83,56
2	0,09	33,53	6,913	26,273	8,23	0,1	0,09	84,18
2	0,27	33,54	6,929	26,28	8,27	0,12	0,09	84,6
2	0,47	33,55	6,929	26,289	8,32	0,11	0,1	85,08
2	0,59	33,55	6,937	26,288	8,34	0,1	0,09	85,3
2	0,81	33,53	6,976	26,268	8,56	0,12	0,1	87,6
2	1,16	33,56	6,956	26,296	8,35	0,1	0,08	85,42
2	1,36	33,55	6,974	26,287	8,34	0,11	0,13	85,42
2	1,66	33,58	6,98	26,311	8,42	0,11	0,09	86,29
2	1,96	33,57	6,974	26,305	8,18	0,11	0,09	83,75
2	2,23	33,57	6,98	26,306	8,23	0,1	0,08	84,26
2	2,65	33,57	6,975	26,308	8,27	0,11	0,23	84,64
2	2,99	33,57	6,981	26,309	8,22	0,1	0,1	84,23
2	3,46	33,6	6,979	26,335	8,24	0,11	0,1	84,44
2	4	33,57	6,986	26,313	8,22	0,11	0,09	84,2
2	4,46	33,57	6,994	26,314	8,27	0,11	0,09	84,68
2	5,17	33,58	6,991	26,326	8,23	0,11	0,12	84,28
21. mars 2014								
1	0,25	5,27	3,255	4,199	10,89	0,42	0,49	84,39
1	0,29	5,27	3,259	4,199	10,96	0,49	0,49	84,88
1	0,46	5,31	3,266	4,232	11,01	0,56	0,44	85,32
1	0,62	5,46	3,293	4,352	11,26	0,57	0,48	87,47
1	0,79	5,54	3,302	4,417	11,06	0,57	0,45	85,95
1	1,05	5,73	3,308	4,57	11,06	0,6	0,46	86,1
1	1,38	5,81	3,318	4,635	11,12	0,64	0,53	86,64
1	1,66	5,99	3,326	4,78	11,12	1,95	0,5	86,76

1	1,91	6,04	3,341	4,821	11,12	1,64	0,55	86,8
1	2,21	7,2	3,541	5,744	10,73	0,77	0,29	84,83
1	2,58	14,03	4,004	11,156	10,23	0,75	0,28	85,63
1	3	18,25	4,214	14,491	10	0,67	0,26	86,55
1	3,28	19,32	4,301	15,334	9,99	2,38	0,19	87,25
1	3,54	21,82	4,465	17,303	9,66	0,59	0,16	86,19
1	3,95	25,05	4,624	19,849	9,5	0,65	0,15	86,93
1	4,48	26,2	4,661	20,759	9,38	0,53	0,19	86,49
2	0,16	28,9	4,75	22,869	9,37	0,95	0,17	88,21
2	0,27	28,89	4,759	22,86	9,12	0,99	0,24	85,82
2	0,4	28,89	4,76	22,861	9,48	1,87	0,15	89,23
2	0,46	28,9	4,762	22,869	9,96	1	0,29	93,78
2	0,72	28,9	4,765	22,87	9,21	1,17	0,28	86,69
2	1,17	28,89	4,77	22,863	9,22	1,43	0,25	86,84
2	1,65	28,9	4,776	22,873	9,48	1,25	0,37	89,29
2	2,08	28,92	4,781	22,89	9,56	1,09	0,29	90,07
2	2,38	28,92	4,783	22,892	9,42	0,98	0,28	88,76
2	2,92	28,94	4,786	22,91	9,4	1,05	0,25	88,58
2	3,4	28,96	4,79	22,927	9,45	1,07	0,2	89,1
2	3,94	28,96	4,791	22,93	9,58	1,09	0,21	90,31
2	4,47	29	4,793	22,964	9,62	1,29	0,17	90,7
2	5,02	29,02	4,795	22,982	9,58	1,08	0,23	90,32

Vedlegg 3: Data for beregning av vekt og rådata

Tabell 2: Beregning av vekt for tilbehør til tareprøver. For tangprøver i Eikevika, Stasjon 1 og 2 er gjennomsnittstallene fra strips*2 m/merkelapp, stiklingstau og våtvekt taustump summert. For tangprøver på Skjær, stasjon 4 er gjennomsnittstallene fra strips*2 Skjær, stiklingstau og våtvekt taustump summert

	Strips*2 (Skjær)	Strips*2 m/merkelapp	(Våt) Stiklingstau	Våtvekt taustump
	0,68	0,81	5,7	64,79
		0,77	5,46	63,79
		0,84	5,21	64,15
gj.snitt	0,68	0,81	5,46	64,24
Skjær tilbehør vekt		Eikefjorden tilbehør vekt		
70,38		70,51		

Tabell 3: Startvekt= (tørr taustump) og (tilbehør skjær eller Eikefjorden, uten våt taustump) - (tareprøve med strips, tørr taustump, merkelapp og stiklingstau).

Nr.	Tørr taustump	Tareprøve med strips, tørr taustump, merkelapp og (våt) stiklingstau med tare.	Startvekt
8	41,6531	59,28	11,3769
10	42,0769	48,35	0,0231
12	41,558	47,73	-0,078
13	41,8103	48,67	0,6097
14	41,7423	47,69	-0,3023
15	41,9566	48,44	0,2334
16	41,8688	48,27	0,0645333
17	41,6119	48,12	0,2581
18	41,8551	48,51	0,4049
19	42,8356	48,75	-0,3356
20	41,9638	48,58	0,3662
21	41,3961	47,74	0,0939
22	41,7966	48,53	0,4834
23	42,1211	49,03	0,6589
24	41,8712	48,53	0,4088

Tabell 4: Beregning av våtvekt, første og andre innsamling. Ren tarevekt for stasjon 1 og 2 = Våtvekt-tilbehør Eikefjorden. Ren tangvekt Stasjon 3= Våtvekt - tilbehør Skjær

Nr/bokstav	Stasjon	Innsamling	Våtvekt	Ren tangvekt
8	1	2	91,7	21,19
10	1	2	87,29	16,78
12	1	2	80,59	10,08
13	2	1	78,32	7,81

14	2	2	148,24	77,73
15	2	1	75,42	4,91
16	2	2	155	84,49
17	2	1	76,5	5,99
18	2	2	145	74,49
19	2	1	73,08	2,57
20	2	2	154,41	83,90
21	2	1	75,2	4,69
22	2	2	185,17	114,66
23	2	1	76,1	5,59
24	2	2	192,2	121,69
A	3	1	78,55	8,17
B	3	2	224,31	153,93
C	3	1	130,6	60,22
D	3	2	208,2	137,82
E	3	1	82,3	11,92
F	3	2	162,55	92,17

Tabell 5: Blad- og stilkmål

Nr	Stasjon	Innsamling	Stilk lengde	Bladlengde	Bladbredd
8	1	2	27,8	2,1	7,9
8	1	2	17,4	0,9	3,5
8	1	2	10,3	0,4	2,3
10	1	2	19,2	0,3	2,4
10	1	2	14,9	0,8	3,2
10	1	2	15,6	0,6	3
12	1	2	16,2	0,8	4,3
12	1	2	14,5	0,5	2,5
12	1	2	14,8	0,3	3,5
13	2	1	9,4	0,7	2,1
13	2	1	9	0,6	1,9
13	2	1	7	0,7	1,6
14	2	2	44	4	7,4
14	2	2	46	5,3	8,1
14	2	2	44,9	4,4	8,2
15	2	1	16,60	1,3	4,5
15	2	1	10,8	0,4	2,2
15	2	1	10	0,6	2,4
16	2	2	41,5	4,5	11
16	2	2	45	4,4	10
16	2	2	37,6	3	6,5
17	2	1	14,6	0,8	2,8

17	2	1	12,6	0,6	2,6
17	2	1	13,8	0,8	2,3
18	2	2	40,4	3,9	9,9
18	2	2	43,3	3,8	12,4
18	2	2	47,9	2,4	7,2
19	2	1	11,9	0,8	3,4
19	2	1	7,7	0,4	2
19	2	1	7,1	0,5	1,2
20	2	2	40	6,5	21
20	2	2	50	3	10,9
20	2	2	35	4,5	6,2
21	2	1	12,1	0,7	3,9
21	2	1	11,9	0,6	1,9
21	2	1	11,9	0,4	2,5
22	2	2	64	5,2	14,5
22	2	2	55,3	4,5	14,7
22	2	2	57,7	5	11,2
23	2	1	17,5	1,1	4,2
23	2	1	10,3	0,7	3
23	2	1	8,5	0,4	1,6
24	2	2	63,2	4,2	15,6
24	2	2	66,5	4,6	13,2
24	2	2	59,4	5	8,7
A	3	1	18,4	1,7	3,9
A	3	1	21	2,7	4,4
A	3	1	14,3	3,7	5,3
B	3	2	43,3	7,1	15,9
B	3	2	48	6,7	9
B	3	2	52	6,7	9
C	3	1	37,5	7,5	11,3
C	3	1	47	4	11,50
C	3	1	37,5	6,5	12,2
D	3	2	37,8	5,2	10,3
D	3	2	58,2	9,7	19
D	3	2	65,5	10,5	15
E	3	1	37,6	2,2	8,3
E	3	1	30,8	2	5,5
E	3	1	31,9	3,7	5,4
F	3	2	58,4	5,8	11,3
F	3	2	45,7	4,2	9,5
F	3	2	66,5	6,4	13,6

Vedlegg 4: Delprøve data

Tabell 6: våt-, tørr- og askevekt av delprøvene med digelvekt

Rådata				
Nr	Digelvekt	Delprøvevekt våt	Delprøvevekt tørr	Askevekt
8	36,91	47,84	37,3717	37,0742
10	38,26	44,32	38,5547	38,3871
12	37,73	-	38,0263	37,8506
13	38,71	41,22	38,9281	38,8255
14	38,39	91,56	43,28	40,5012
15	40,44	43,84	40,7221	40,575
16	72,79	130,88	78,35	75,1772
17	39,56	42,88	39,8552	39,7091
18	93,68	146,61	97,99	95,5963
19	37,71	38,6	37,8213	37,7685
20	38,39	84,15	42,46	40,2636
21	36,6	38,79	36,7728	36,6937
22	93,15	177,58	99,76	96,4974
23	37,78	39,75	37,9706	37,8888
24	74,83	153,38	81,56	78,0475
A	40,23	47,67	40,7719	40,5001
B	75	198,39	85,55	80,6459
C	37,97	77,33	41,96	39,6969
D	72,79	185,07	81,87	77,7864
E	37,01	43,06	37,7079	37,3278
F	70,26	135,16	75,75	73,1493

Tabell 7: Viser en ren tarevekt. Ren tarevekt= delprøvevekt- digelvekt

Nr	Delprøvevekt våt	Delprøvevekt tørr	Askevekt
8	10,93	0,4617	0,1642
10	6,06	0,2947	0,1271
12	-	0,2963	0,1206
13	2,51	0,2181	0,1155
14	53,17	4,89	2,1112
15	3,4	0,2821	0,135
16	58,09	5,56	2,3872
17	3,32	0,2952	0,1491
18	52,93	4,31	1,9163
19	0,89	0,1113	0,0585
20	45,76	4,07	1,8736

21	2,19	0,1728	0,0937
22	84,43	6,61	3,3474
23	1,97	0,1906	0,1088
24	78,55	6,73	3,2175
A	7,44	0,5419	0,2701
B	123,39	10,55	5,6459
C	39,36	3,99	1,7269
D	112,28	9,08	4,9964
E	6,05	0,6979	0,3178
F	64,9	5,49	2,8893

Tabell 8: Prosentfordeling av vann, glødetap og askeinnhold.

Nr	Vanninnhold	Glødetap	Askeinnhold	Vanninnhold %	Glødetap %	Askeinnhold %
8	10,4683	0,2975	0,1642	95,77	2,84	1,5
10	5,7653	0,1676	0,1271	95,13	2,76	2,09
12	.	0,1757	0,1206	-	-	-
13	2,2919	0,1026	0,1155	91,31	4,08	4,6
14	48,28	2,7788	2,1112	90,8	5,22	3,97
15	3,1179	0,1471	0,135	91,7	4,32	3,97
16	52,53	3,1728	2,3872	90,42	5,46	4,1
17	3,0248	0,1461	0,1491	91,1	4,4	4,49
18	48,62	2,3937	1,9163	91,85	4,52	3,62
19	0,7787	0,0528	0,0585	91	5,93	6,57
20	41,69	2,1964	1,8736	91,1	4,79	4,09
21	2,0172	0,0791	0,0937	92,1	3,61	4,27
22	77,82	3,2626	3,3474	92,17	3,86	3,96
23	1,7794	0,0818	0,1088	90,32	4,15	5,52
24	71,82	3,5125	3,2175	91,43	4,47	4,09
A	6,8981	0,2718	0,2701	92,71	3,65	3,63
B	112,84	4,9041	5,6459	91,44	3,97	4,57
C	35,37	2,2631	1,7269	89,86	5,74	4,38
D	103,2	4,0836	4,9964	91,91	3,63	4,44
E	5,3521	0,3801	0,3178	88,46	6,28	5,25
F	59,41	2,6007	2,8893	91,54	4	4,45