

# Bentiske alger i Indre Oslofjord

En sammenligning av fire stasjoner i 1993/94 og 2021

**Stine Kolkinn Hansen**

Lektorprogrammet  
30 studiepoeng

Institutt for biovitenskap  
Seksjon for akvatisk biologi og toksikologi





## Sammendrag

I denne studien ble den bentiske algevegetasjonen i Indre Oslofjord undersøkt. Hensikten var å undersøke hvordan vegetasjonen hadde endret seg siden Jon Fonnli Larsens (1995) undersøkelser fra 1993 og 1994, og finne ut hva som var årsaken til eventuelle endringer. Det ble gjort undersøkelser på fire stasjoner i mai og august 2021, der stasjonene var valgt ut fra Larsens (1995) 31 stasjoner. Resultatene fra undersøkelsen ble sammenlignet med Larsens (1995) resultater. Totalt ble det funnet 51 algearter i 2021 og 53 arter på de samme stasjonene i 1993/94. Fordelingen av andel arter i de tre gruppene rød-, brun- og grønnalger hadde endret seg noe, med en liten økning i rød- og brunalgene og noe nedgang i grønnalgene. Det var likevel store mengder grønnalger på stasjonene, spesielt på stasjonen Huk. Epifytt- og lurvemengden hadde trolig gått opp siden 1993/94, og algesamfunnet var muligens skiftet mot et lurvesamfunn. Det var også tilkomst av nye fremmede arter som japansk drivtang (*Sargassum muticum*) og strømgarn (*Dasya pedicellata*). Blæretang (*Fucus vesiculosus*) og sagtang (*Fucus serratus*) hadde økt sin utbredelse til to stasjoner siden 1993/94, mens spiraltang (*Fucus spiralis*) var fraværende på de samme stasjonene i 2021.

På grunn av Oslofjordens lange forurensningshistorie, og ettersom bentiske alger er gode indikatorer på vannkvaliteten i grunne kystområder, ble endringene i algevegetasjonen diskutert i lys av eutrofisituasjonen i fjorden. De ble også diskutert med andre påvirkende abiotiske og biotiske faktorer. Selv om endringene i tangsamfunnet kan skyldes eutrofinedgang, er det flere aspekter (endringer i mengde lurv, epifytter og grønnalger) som kan forklares av det motsatte. Det kan derfor se ut som eutrofieringssituasjonen har blitt noe forverret på stasjonene. Andre årsaker til endringene i artssammensetning kan være økt temperatur og minkende antall beitende snegl. Økt utbredelse av tangartene kan også forklares av lite isdekke, og fraværet kan forklares av mangel på substrat og tørke. Selv om det er vanskelig å konkludere med hva som var årsakene til endringene, er det likevel sikkert at det har skjedd endringer siden 1993/94, som er påvirket av flere faktorer.

Det skal også sies at denne undersøkelsen er ganske liten og ble gjennomført på kun to dager. Større undersøkelser bør utføres over tid for å utelukke år-til-år-variasjoner og for å få et mer omfattende bilde av algevegetasjonen i Indre Oslofjord. Forhåpentligvis kan denne undersøkelsen gi et innblikk i Indre Oslofjords algevegetasjon og faktorene som påvirker den, og være til nytte i utformingen av nye undersøkelser.

## Forord

Med denne masteroppgaven går min utdanning ved lektorprogrammet mot slutten. Studiene har vært både lærerike og spennende, men også til tider utforende. Jeg har blitt kjent med mange nye mennesker, og fått gode venner som har gitt meg mye glede gjennom årene.

Det er flere personer som har hjulpet meg underveis i prosessen av denne masteroppgaven som jeg gjerne vil takke. Først og fremst vil jeg takke min veileder, professor Stein Fredriksen, for å få gjennomført denne masteroppgaven og for å ha vekket interesse for fagfeltet. Takk for gode råd og veiledning ute i felt, på laboratoriet og underveis i skriveprosessen. Jeg vil også takke for mange morsomme og gode samtaler det siste året.

Takk til Laurent Fontaine for å ha laget kodene i R og analysene, og ellers gitt gode råd og forklaringer. Også en takk til studentene på både lesesal og laboratorium for hyggelige samtaler, samt ansatte og andre studenter på AKVA. Lektorstudentene fortjener også en takk for godt fellesskap og morsomme stunder.

Jeg vil også takke min gode medstudent og bestevenn, Birgitte Haugetun Sebjørnsen, for gode innspill og faglige diskusjoner gjennom masterperioden. Takk for mye støtte og oppmuntring gjennom mange, lange kvelder til stengetid på lesesalen. Jeg er også takknemlig for mye glede, latter og morsomme påfunn med deg gjennom hele studieløpet.

Takk til min snille pappa som har lest korrektur og gitt råd underveis, og også til resten av familien og venner for å ha vist interesse og støtte.

Blindern, mai 2022.

Stine Kolkinn Hansen

## Innholdsfortegnelse

1. Introduksjon .....	1
1.1. Alger som miljøindikator .....	1
1.2. Utvikling i forurensnings situasjonen i Indre Oslofjord .....	2
1.3. Topografi og hydrografiske forhold i Indre Oslofjord.....	6
1.4. Biologiske forhold .....	8
1.5. Tidligere undersøkelser .....	9
1.6. Problemstilling .....	11
2. Materiale og metode.....	12
2.1. Stasjonene .....	12
2.2. Innsamling av materiale .....	13
2.3. Analyse.....	13
2.3.1. Laboratoriearbeid .....	13
2.3.2. Beregninger.....	14
2.3.3. Statistiske analysemetoder .....	15
3. Resultater .....	17
3.1. Beskrivelse av stasjonene .....	17
3.2. Målinger ved stasjonene .....	19
3.3. Sammenligning med Larsens funn.....	20
3.4. Statistisk analyse.....	24
3.5. Taksonomisk oversikt og utbredelse .....	27
3.5.1. Ochrophyta .....	27
3.5.2. Rhodophyta.....	36
3.5.3. Chlorophyta.....	46
3.6. Epifytter .....	54
3.7. Dyr.....	56
4. Diskusjon .....	58
4.1. Endringer i algevegetasjonen .....	58
4.2. Årsaker til endringene .....	58
4.2.1. Eutrofiering .....	59
4.2.2. Andre abiotiske faktorer .....	63
4.2.3. Biotiske faktorer.....	67
4.3. Usikkerheter knyttet undersøkelsen .....	74

5. Konklusjon .....	77
6. Litteratur.....	78
7. Appendiks.....	86

## 1. Introduksjon

Bentiske (fastsittende) alger er viktige matkilder og habitater for mange marine dyr, og danner skjulesteder og oppvekstplasser. I tillegg er de viktige primærprodusenter og kan resirkulere næringsstoffer (Christie et al., 2009; Macreadie et al., 2018). Det er derfor viktig å ta vare på algene, men menneskeskapte aktiviteter kan endre klimaet i havet de lever i (FNs klimapanel (IPCC), 2021).

### 1.1. Alger som miljøindikator

Menneskelige aktiviteter som jordbruk, kloakk og industri kan forurense havet og tilføre næringsstoffer som nitrogen og fosfor (Salameh og Harahsheh, 2011). Større tilførsler kan gi økt algevekst (spesielt av pelagiske (frittlevende) alger) og kan skape forstyrrelser i økosystemet. Prosessen kalles eutrofiering (European Communities, 1991; Schindler 2006; Ansari et al., 2011), og kan også skje naturlig (Salameh og Harahsheh, 2011). Videre bruk av ordet eutrofiering vil omfatte menneskelige aktiviteter og ikke den naturlige berikelsen av næringsstoffer.

Bentiske alger er fastsittende og påvirkes av eutrofiering over tid, og er derfor svært gode indikatorer på forurensningssituasjonen. Mange er også flerårige, og gir dermed et godt bilde over en lengre periode (Edwards, 1972; Bokn og Lein, 1978; Fredriksen og Rueness, 1990). Algene er derfor mye benyttet for å fortelle om vannkvaliteten i Oslofjorden (blant annet Grenager, 1957; Klavestad, 1967; Larsen, 1995; Johnsen, 2019).

#### **Effekter av eutrofiering**

Økt eutrofiering kan endre algevegetasjonen. Noen arter vil favoriseres og dominere, mens andre arter kan fortrenses (Fredriksen og Rueness, 1990). Artsantallet vil kunne reduseres av økte mengder næringsalter, og gi høy forekomst av kun noen få arter (ofte grønnalger) (Walday et al., 2021). Mange grønnalger er ettårige og hurtigvoksende, og kan raskt nyttiggjøre seg av næringsstoffer og derfor øke raskt i mengde – såkalte r-selekterte arter. De kan derfor utkonkurrere andre arter, som for eksempel de flerårige og langsomtvoksende brunalgene (Bokn, 1978). Endringer i forholdet mellom antall arter i de tre gruppene, rød-,

brun- og grønnalger kan derfor indikere endret eutrofisituasjon (Bokn, 1978), og spesielt økning i andel grønnalger er mye brukt som indikator (Klavestad, 1978; Lundsør et al., 2017). Andre typiske trekk for eutrofiering er større mengder epifytter (påvekster) og trådalger (lurv) (Grenager, 1957). I tillegg kan algenes nedre voksegrense heves som følge av eutrofiering. Dette er på grunn av mindre lystilgang grunnet økt planteplanktonvekst (Fredriksen og Rueness, 1990; Dokulil og Teubner, 2011).

## Tangartene

Tangartenes forekomst påvirkes også av eutrofiering. Artene er flerårige og gode indikatorer (Bokn og Lein, 1978; Bokn et al., 1992) som er mye brukt for å beskrive eutrofisituasjonen i Oslofjorden (blant annet Bokn og Lein, 1978; Rueness, 1973; Bokn et al., 1992). Et overvåkningsprogram av fjorden ble også startet i 1974 (se tidligere undersøkelser), som innebar registrering av de fem vanligste tangartene, spiraltang, (*Fucus spiralis*), blæretang (*Fucus vesiculosus*), grisetang (*Ascophyllum nodosum*), gjelvtang (*Fucus distichus* subsp. *evanescens*) og sagtang (*Fucus serratus*) (Kroglund et al., 2017). Forekomsten av disse algene kan fortelle mye om eutrofisituasjonen ettersom de ulike artene har ulike krav til vannkvaliteten (Thaulow og Faafeng, 2014). Spesielt interessant er det å se på forekomsten av grisetang og gjelvtang, da førstnevnte er den mest sensitive for eutrofi, og sistnevnte mest suksessfull i tilsvarende områder (Rueness, 1973).

## 1.2. Utvikling i forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord

På starten av 1900-tallet var forurensningsproblemene store i Oslo by som følge av økende befolkning og industri, innføring av vannklosett og mangel på renseanlegg. Avløpsutslipp i bekker og elver spredte farlige tarmbakterier, og flere badeplasser måtte stenge grunnet fare for menneskers helse. Avløpsvann tilførte næringsstoffer som nitrogen og fosfor til fjorden, og som følge ble det påvist svært negative forhold for livet i fjorden, blant annet oksygenfritt og råttent bunnvann. Det ble derfor bygget flere, mindre renseanlegg frem mot 70-tallet. Av renseanlegg vi kjenner i dag, var det Skarpsno renseanlegg som først ble tatt i bruk i 1931 og hadde mekanisk rensing (Baalsrud og Magnusson, 2002). De vanligste formene for avløpsrensing er mekanisk, kjemisk og biologisk rensing. Mekanisk rensing er å



skille ut forurensningene ved sedimentering, ofte i basseng og ved bruk av rist for større partikler. Kjemisk rensing skjer ved tilsetning av kjemikalier som skiller ut forurensningen, mens vannet renses ved hjelp av mikroorganismer ved biologisk rensing. Nitrogenfjerning gjennomføres oftest ved biologisk rensing, og fosforfjerning gjennomføres som regel med kjemisk rensing (Baalsrud og Magnusson, 2002; VEAS, u.å.).

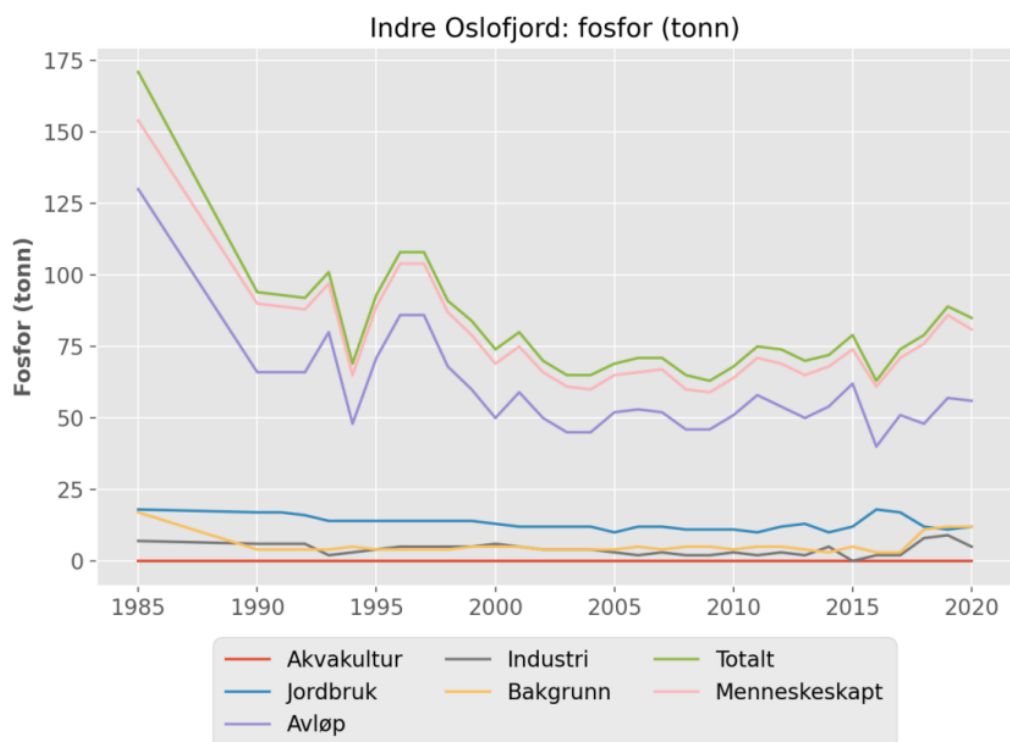
Selv med oppstart av små renseanlegg slo bekymringene for fjorden inn for alvor på 1950-tallet, og det ble vedtatt at kommunen måtte finne en løsning (Baalsrud og Magnusson, 2002). I perioden 1962-67 ble det derfor gjennomført undersøkelser av fjorden av NIVA (Norsk institutt for vannforskning), i samarbeid med Universitetene i Oslo og Bergen og NTNU (Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet). I etterkant av undersøkelsene la NIVA frem forslag for å løse forurensningsproblemene. Dette resulterte i tre store renseanlegg som fortsatt er de viktigste i Oslo i dag: Nordre Follo Renseanlegg, Vestfjorden Avløpsselskap (VEAS) (tidligere Sentralrenseanlegg Vest (SRV)) og Bekkelaget Renseanlegg (Thaulow og Faafeng, 2014). Bekkelaget er det eldste og ble tatt i bruk i 1963, Nordre Follo i 1972, og VEAS, det største renseanlegget i Norge, ble tatt i bruk i 1982 (Baalsrud og Magnusson, 2002). Renseanleggene har mekanisk, kjemisk og biologisk rensing (Baalsrud og Magnusson, 2002). I 1997 fikk Nordre Follo og VEAS nitrogenfjerning, mens det ble innført i 2001 i Bekkelaget, da det ble bygget nytt renseanlegg (Thaulow og Faafeng, 2014). Fosforfjerning ble innført på 70-tallet (Baalsrud og Magnusson, 2002). Bekkelaget ble også utvidet og doblet sin kapasitet i 2021 (Hult, 2021). Oppstart av renseanleggene førte til stor nedgang i utslipp av næringsstoffer, og bedret vannkvaliteten betraktelig. Dette var trolig grunnen til minkende konsentrasjoner av klorofyll a (mål på planteplanktonbiomasse) (Staalstrøm et al., 2021) og reduksjon av de forurensningstollerange grønnalgene (Baalsrud og Magnusson, 2002).

Tangartenes utbredelse endret seg også i takt med forurensningssituasjonen. Grisetang var opprinnelig svært vanlig i Indre Oslofjord da Gran (1897) gjorde sine undersøkelser på slutten av 1800-tallet. Arten ble derimot sjeldnere og sjeldnere observert ettersom forurensningen i fjorden økte (undersøkelser av Grenager, 1957; Klavestad, 1967; Rueness, 1973; Bokn og Lein, 1978), og var borte fra de indre delene av fjorden på 1950-tallet (Kroglund et al., 2017). Den fremmede arten gjelvtang, som først ble observert i Drøbak i 1900 (Norling og Jelmert, 2014), ble derimot mer og mer suksessfull ettersom

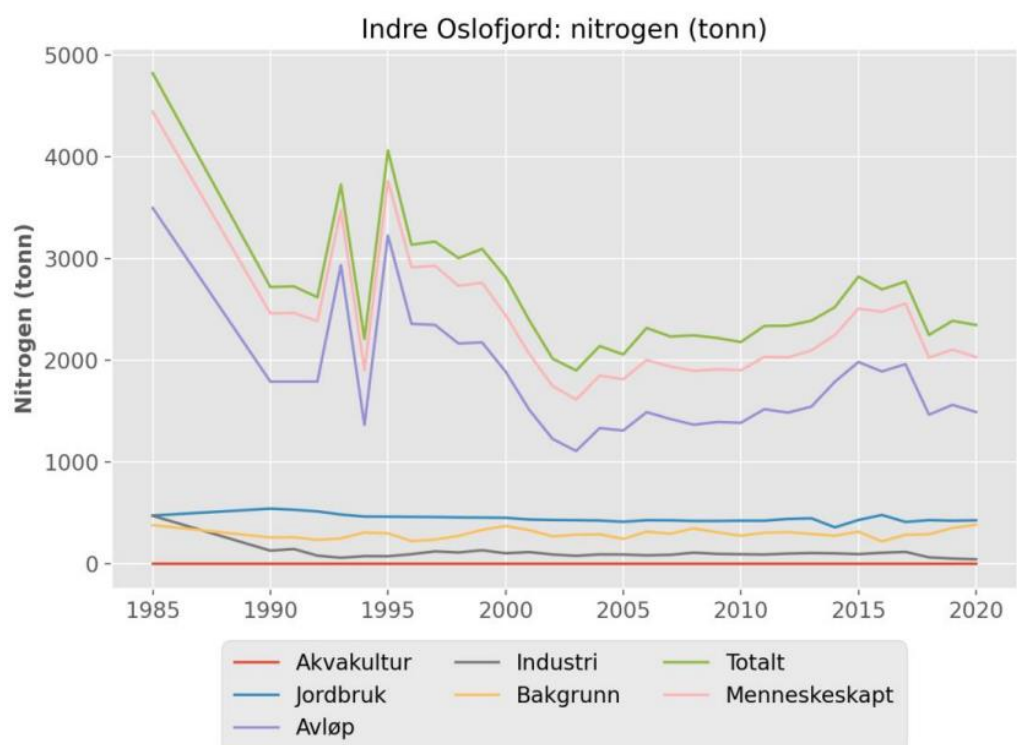
forurensningen økte. Dette gikk på bekostning av de fire opprinnelige tangartene, som ble mindre vanlige (Kroglund et al., 2017). Denne trenden endret seg derimot i slutten av 1980-tallet da forurensningssituasjonen bedret seg, og per 2014 var gjelvtangen kun dominerende innerst i fjorden der forurensningen var størst (Thaulow og Faafeng, 2014). Grisetangen har ikke kommet tilbake til opprinnelig tilstand i Indre Oslofjord, og er stort sett fraværende fra nordre del av fjorden (Kroglund et al., 2017; Staalstrøm et al., 2021). Undersøkelser gjort av Larsen (1995) viste at utbredelsen til andre tangarter som blæretang og sagtang hadde økt sammenlignet med tidligere undersøkelser av Grenager (1957) og Klavestad (1967). Han konkluderte med at den viktigste årsaken var forbedring av forurensningssituasjonen.

Det er fortsatt store utslipp av nitrogen og fosfor fra avløp i Indre Oslofjord i dag (Guerrero og Sample, 2022), noe som ikke er overraskende ettersom befolkningsveksten fortsatt øker (tall fra Oslo kommunes hjemmeside i 2021). Figurene 1 og 2 viser at menneskeskapte utslipp (rosa graf) helt klart er den største kilden av tilførsel av nitrogen og fosfor til fjorden, mens bakgrunn (naturlig avrenning fra lite menneskeberørte områder) (oransje) kun er en liten del (Guerrero og Sample, 2022). Selv om menneskeskapte utslipp er store, har likevel fosforutslippene holdt seg nokså stabile de siste 20 årene, nitrogenutslippene har steget siden 2003, men det kan se ut som utslippene er på vei ned (Guerrero og Sample, 2021). Figurene 1 og 2 tar imidlertid ikke med lekkasjer fra avløp eller overløp fra ledningsnett (avløpsvann før det kommer til renseanleggene) (Guerrero og Sample, 2022). Overløp er en sikkerhetsordning for å hindre overbelastning av renseanleggene ved blant annet større mengder nedbør. Urenset avløp vil føres ut i nærmeste elver eller lignende, i stedet for inn til renseanleggene. Utslippene kan bli store da det i tillegg ofte ligger igjen slam i rørene, som skylles ut i regnværsperioder (Lindholm, 2011).

I tillegg til kloakkforurensning er også fjorden forurenset av miljøgifter. I dag er miljøgifter som polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH-forbindelser), ulike tungmetaller, og tributyltinn (TBT) blant de mest dominerende i Indre Oslofjord (Dolven og Alve, 2018; Tjønneland og Slinde, 2021). Undersøkelser av Dolven og Alve (2018) viste at mengden miljøgifter i sedimentet har hatt en avtagende trend de siste tiårene. Likevel er mange nivåer fortsatt for høye (Tjønneland og Slinde, 2021).



**Figur 1.** Utslipp av fosfor (i tonn) til Indre Oslofjord fra 1985 til 2020, vist med hvilke kilder utslippene kommer fra. Figuren er laget med beregningsmodellen TEOTIL, og hentet fra Guerrero og Sample (2022).



**Figur 2.** Utslipp av nitrogen (i tonn) til Indre Oslofjord fra 1985 til 2020, vist med hvilke kilder utslippene kommer fra. Figuren er laget med beregningsmodellen TEOTIL, og hentet fra Guerrero og Sample (2022).

### 1.3. Topografi og hydrografiske forhold i Indre Oslofjord

#### **Topografi**

Indre Oslofjord er området innenfor Drøbak, der de indre og ytre delene av fjorden skilles av den grunne Drøbakerskelen med dyp på ca. 20 meter. De indre bassengene består av Bunnefjorden, Lysakerfjorden, Vestfjorden og flere mindre bassenger. De to største, Bunnefjorden og Vestfjorden, er over 150 meter på sitt dypeste. De skilles av en terskel mellom Bygdøy og Nesodden som ikke er mer enn ca. 50 meter på sitt grunneste (Sundene, 1953; Baalsrud og Magnusson, 2002; Staalstrøm et al., 2021).

#### **Bølgeeksponering**

Bølgeeksponering måles ofte i fetch, som er distansen vinden kan blåse uforstyrret over havet (Moore, 1935; Kingsbury, 1962). Eksponerte områder har høyere fetch enn områder som er beskyttet (Ballantine, 1961). Oslo havn, bekkelagsbassenget og Bunnefjorden betegnes av Lundsør (2019) som beskyttet, mens Vestfjorden er betegnet som moderat eksponert. I tillegg til vind skaper båttrafikk også bølger, og i Oslofjorden er det både store fritidsbåter og større transportskip (Kroglund et al., 2017). På eksponerte områder er algene utsatt for mekanisk stress fra bølger (Sundene, 1953), og større bølger kan slite bort makroalgene (Seymour et al., 1988) der særlig de større algene er utsatt (Pratt og Johnson, 2002). Likevel krever algene en viss eksponering ettersom næringssaltene er mer tilgjengelige når algene beveges av bølger (Kroglund et al., 2017).

#### **Temperatur**

Det er det øvre vannlagets temperatur som er av interesse med hensyn på algene, ettersom det er her de vokser grunnet lystilgangen (Sundene, 1953). Overflatevannets temperatur påvirkes av både solvarme, lufttemperatur, havsirkulasjon og tilførsel av ferskvann fra bekker og elver (Baalsrud og Magnusson, 2002). De siste tre årene (2019-2021) har havtemperaturen i Bekkelagsbassenget, på ca. 1 meters dyp, variert fra ca. 3 til 22 grader, og varierer gjennom året (A. Staalstrøm, personlig kommunikasjon, 16. mars 2022).

På grunn av klimaendringene har havtemperaturen steget vesentlig de siste tiårene (Thaulow og Faafeng, 2014; FNs klimapanel (IPCC), 2021), og i Oslofjorden har hele vannsøylen hatt en tydelig økning siden 90-tallet (Albretsen, 2019). Dette kan påvirke algene ved at kaldtvannsartene tvinges mot nord, mens varmtvannsartene vil få større utbredelse (Husa, 2007; Moy og Christie, 2012; Smale, 2019).

## **Salinitet**

Saliniteten i Oslofjorden varierer gjennom året og påvirkes av vind, temperatur, nedbør og ferskvannstilførsel. Tilførselen av ferskvann i Indre Oslofjord er ganske liten. De viktigste tilførselene kommer fra de to elvene Glomma og Drammenselven, som renner ut i henholdsvis ytre og midtre del av fjorden. Dette danner et brakkvannslag som kan trenge igjennom Drøbaksundet, og senke saliniteten i de indre delene. Det er også flere elver i indre del av fjorden, som Lysakerelva og Akerselva. Ferskvannstilførselen er størst på sommeren, grunnet ismelting, som forklarer hvorfor saliniteten er mindre på denne tiden enn på vinteren (Sundene, 1953; Baalsrud og Magnusson, 2002). Saliniteten i Bekkelagsbassenget, på ca. 1 meters dyp, varierte mellom 18-31 de tre siste årene (2019-2021) (A. Staalstrøm, personlig kommunikasjon, 16. mars 2022).

Variasjoner i nedbør kan påvirke saliniteten, spesielt i lokale områder (Sundene, 1953; Baalsrud og Magnusson, 2002). Nedbørbørsmønsteret på Østlandet har generelt blitt kraftigere og hyppigere, spesielt de siste 20 årene (Thaulow og Faafeng, 2014; Albretsen, 2019; Meteorologisk institutt, 2021). Lavere salinitet begrenser antall algarter som kan leve der (Moy og Walday, 1996), og artene som dårlig tåler veksling i saliniteten (stenohaline arter) kan først og fremst påvirkes (Rueness, 1977).

## **Tidevann**

Sammen med månen og sola har vind og lufttrykk også påvirkning på vannstanden, og kan skape større vannstandsvariasjoner enn normalt (Baalsrud og Magnusson, 2002). Nordlig vind presser vannet ut av fjorden og senker vannstanden, mens sørlig vind presser vannet inn i fjorden (Sundene, 1953). Vannstanden i Indre Oslofjord stiger og synker med ca. 28 cm i

gjennomsnitt, mens differansen mellom laveste (i 1999) og høyeste (i 1987) vannstand registret i Oslofjorden var på tre meter (Baalsrud og Magnusson, 2002). I tidevannssonen er det fare for uttørking av algene, spesielt på beskyttede områder med lite vind (Lein, 1976).

### **Isdekke**

Bærumsbassenget og deler av Bunnefjorden vil som regel bli islagt om vinteren, i tillegg til enkelte kiler og bukter (Baalsrud og Magnusson, 2002; Kroglund et al., 2017). Her kan isflak bli liggende på vannet og gnisse mot land. Isen kan skure vekk alger, og særlig tangartene i tidevannssonen er utsatt (Sundene, 1953). Det ikke er like vanlig at resten av indre Oslofjord islegges (Baalsrud og Magnusson, 2002), og det vil heller ikke bli mye is på områder med mye bølgeeksponering og båttrafikk ettersom det forstyrrer isdannelsen (Kroglund et al., 2017).

### **1.4. Biologiske forhold**

I tillegg til hydrografiske forhold vil også biologiske forhold påvirke algene.

#### **Lurvealger**

Lurvealger (turf på engelsk) er en samlebetegnelse på hurtigvoksende, små, trådformede alger (Airoldi, 1998; Connell et al., 2014) som gir lite habitat (Filbee-Dexter og Wernberg, 2018). Disse algene kan vokse på andre alger (epifyttisk), skygge for sollys og fortrenge arter (Filbee-Dexter og Wernberg, 2018), og trives særlig i næringsrike områder med høy sjøtemperatur (Staalstrøm et al., 2021; Walday et al., 2021).

#### **Fremmede arter**

En annen gruppe alger som kan konkurrere med de stedege algene er fremmede arter (Husa et al., 2013; Norling og Jelmert, 2014). Dette er arter som ved menneskelig aktivitet sprer seg til områder de naturlig ikke hører hjemme i (Rueness, 1985), der de kan fortrenge andre arter om de er suksessfulle (Norling og Jelmert, 2014).

## Dyr

Filterernærende organismer (for eksempel blåskjell) vil kunne øke i mengde i områder med økt utslipp av næringssalter, ettersom de ernærer seg på blant annet planteplankton (Frigstad et al., 2018). Disse dyrene kan også konkurrere med algene om plass (Walday et al., 2004). Andre dyr, som for eksempel kråkeboller, kan beite ned algene og påvirke hvor de vokser (Christie et al., 2009). Snegl beiter også ofte på grønnalger og tangarter (Lein, 1980).

### 1.5. Tidligere undersøkelser

Utbredelsen av makroalger i Indre Oslofjord er godt undersøkt, og publiserte undersøkelser går helt tilbake til 1890-tallet. Utviklingen av algevegetasjonen kan derfor ses over lang tid. Det er likevel viktig å huske på forskjeller i undersøkelsesmetoder og år-til-år-variasjoner dersom undersøkelsene sammenlignes.

#### **Gran (1897)**

Somrene 1893 og 1894, og i januar 1896, undersøkte Gran (1897) rød- og brunalgevegetasjonen i Oslofjorden. Hovedsakelig var undersøkelsene i Drøbak, men ytre Oslofjord og områdene utenfor Oslo by ble også besøkt. Han benyttet seg også av materiale samlet inn av professorene M.N Blytt, F.C Schübeler og N. Wille. Materiale oppbevares på Botanisk museum i Oslo.

#### **Sundene (1953)**

Undersøkelser av Sundene (1953) ble gjennomført i årene 1940-42 og 1947-52. I 1940-42 dreide undersøkelsene seg kun om Tjøme-Ferder området, men i 1947 ble det utvidet til hele Oslofjorden. Kartleggingen av algevegetasjonen ble gjort i alle årstider, og utbredelsen ble diskutert i forhold til blant annet forurensningssituasjonen. Materialet oppbevares på institutt for biovitenskap på Universitetet i Oslo.

#### **Grenager (1957)**

Grenagers (1957) undersøkelser startet sommeren 1943, og sluttet høsten 1946. Kartleggingsområdet var i nordre del av i Indre Oslofjord (Oslo havn, Oslo-øyene,

Lysakerfjorden, Bærumsbassenget og noen stasjoner nedover i Bunnefjorden). Han undersøkte forurensningens effekt på algers horisontalutbredelse. Materialet oppbevares på Botanisk museum i Oslo.

### **Klavestad (1967)**

Klavestads (1967) undersøkelser var organisert av NIVA og Universitetet i Oslo, og var en del av prosjektet «Oslofjorden og dens forurensningsproblemer». Klavestad skrev delrapporten om bentiske alger, og undersøkelsene ble gjort i perioden 1962-66. Dette inkluderte 101 stasjoner i indre del av fjorden, fra Filtvet til innerst i Bunnefjorden. Her skrev han om hvordan vegetasjonen hadde endret seg siden Sundene (1953) og Grenager (1957) gjorde sine kartlegginger. Deler av hans materiale er oppbevart på institutt for biovitenskap på Universitetet i Oslo.

### **Lein (1976)**

Den primære hensikten for Leins (1976) undersøkelser var å finne tallmessige uttrykk for litoralsamfunnets struktur, og det ble dermed lagt mindre vekt på biologisk beskrivelse av vegetasjon. Algestrukturen ble undersøkt i 1973-74 på tre stasjoner, én i Drøbak og to i området i indre del av fjorden.

### **Larsen (1995)**

Undersøkelser av Larsen (1995) ble gjort i 1993-94 i tre perioder, høst, vår og sommer. Hans formål var å beskrive algevegetasjonen på 31 stasjoner i nordenden av Indre Oslofjord, og sammenligne resultatene med tidligere undersøkelser. Resultatene ble videre diskutert i forhold til endringer i forurensningssituasjonen. Materiale oppbevares på institutt for biovitenskap på Universitetet i Oslo.

### **NIVAs undersøkelser**

Gjennom et overvåkingsprogram som startet i 1974 blir de hydrografiske og biologiske forholdene i fjorden undersøkt hvert år. På ca. 123 stasjoner blir de fem vanligste tangartene



registrert jevnlig, og ble startet for å følge tangartenes utbredelser i forhold til nye rensetiltak i fjorden (Kroglund et al., 2017). NIVA har gjennomført disse undersøkelsene hvert år fra 1974-2014 og fra 2019 til i dag på oppdrag fra Fagrådet for vann- og avløp teknisk samarbeid i Indre Oslofjord (Staalstrøm et al., 2021). Fra 2015-2018 var det Norconsult som gjennomførte overvåkingen (Lundsør, 2019).

### **Johnsen (2019)**

Våren og høsten 2018 undersøkte Johnsen (2019) algevegetasjonen på åtte stasjoner i Bærumbassenget. Hensikten var å sammenligne funnene med Larsens (1995) undersøkelser på de samme stasjonene, og diskutere resultatene i lys av forurensningssituasjonen i fjorden. Materialet oppbevares på institutt for biovitenskap på Universitetet i Oslo.

### 1.6. Problemstilling

Formålet med denne undersøkelsen var å sammenligne algevegetasjonen i Indre Oslofjord fra 2021 med Jon F. Larsens (1995) undersøkelser fra 1993/94, og undersøke årsakene til eventuelle endringer. På grunn av Oslofjordens lange forurensningshistorie vil endringene diskuteres i forhold til eutrofisituasjonen, men også med andre abiotiske og biotiske faktorer som kan ha hatt påvirkning. Problemstillingen blir derfor som følgende:

*«Hvordan har bentosalgevegetasjonen i Indre Oslofjord endret seg siden Larsens (1995) undersøkelser, og hva er årsaken til eventuelle endringer?»*

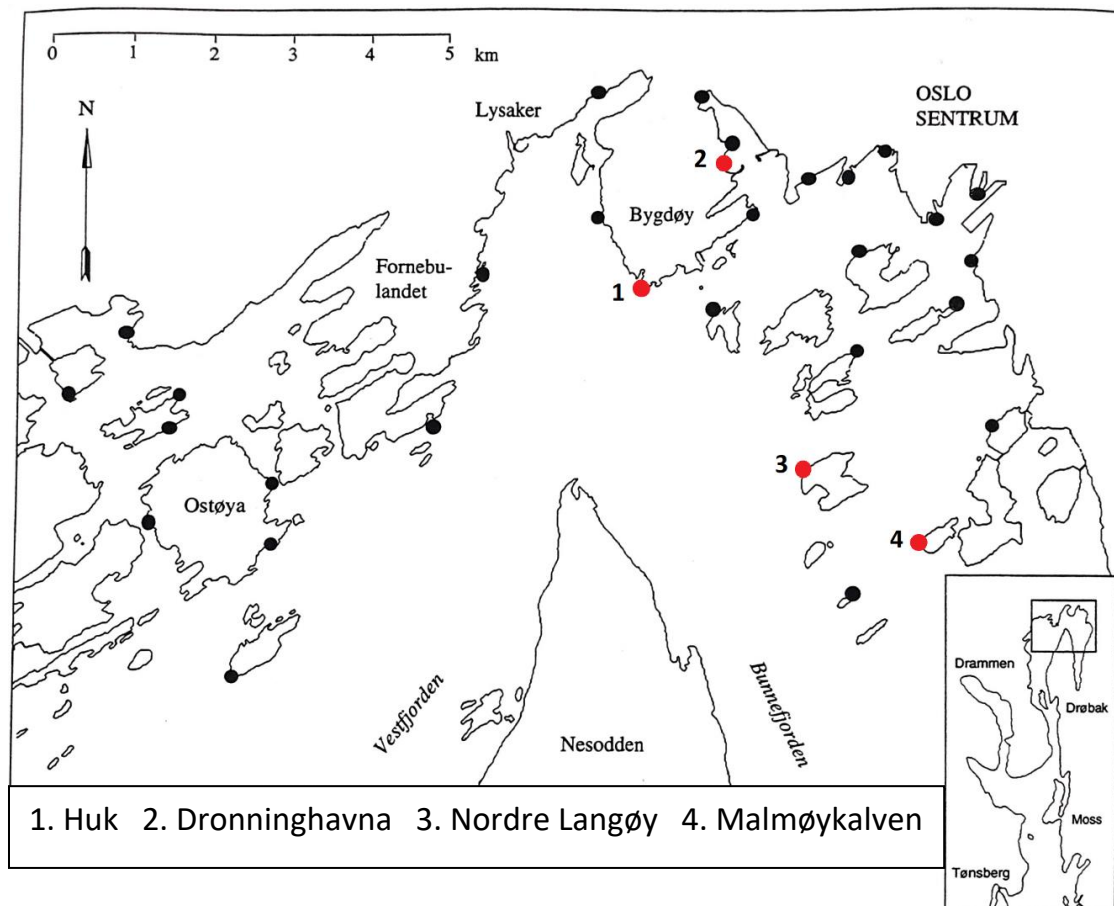
Undersøkelsen er ikke like omfattende som Larsens (1995) og resultatene bør ses i sammenheng med Sebjørnsens (2022, upublisert) undersøkelser. Hun undersøker vegetasjonen i indre Oslofjord i samme tidsperiode, men på ulike stasjoner, og begge undersøkelsene vil derfor gi et mer helhetlig bilde av endringene fra 1993/94 til 2021.

## 2. Materiale og metode

### 2.1. Stasjonene

De fire stasjonene (figur 3) ble valgt ut fra Larsens (1995) 31 stasjoner i Indre Oslofjord. Disse var igjen utvalgt basert på tidligere undersøkelser av Grenager (1957), Klavestad (1967) og overvåkingsprogrammet av Indre Oslofjord av NIVA (Magnusson et al., 1992). Beliggenheten til stasjonene ble valgt med tanke på innhentning av materiale fra et større område som kunne speile vegetasjonen i Indre Oslofjord, men som likevel kunne undersøkes på en dag. Stasjonene nær Oslo havn ble unngått grunnet dårlige snorkleområder, og stasjonene i Bekkelagsbassenget var nylig undersøkt av Johnsen (2019) og ble også utelukket. Utenom dette var stasjonene noe tilfeldig valgt.

De ulike områdene varierte i både helning, eksponeringsgrad, sikt og himmelretning. Alle stasjonene har berggrunn bestående av sedimentære bergarter fra ordovicium og silur (Baalsrud og Magnusson, 2002), men varierte mellom hardt og gjørmete underlag. En mer detaljert beskrivelse av de ulike stasjonene følger i resultatene.



**Figur 3.** Kart over Larsens (1995) undersøkte stasjoner (sorte og røde punkter) og stasjoner undersøkt i denne undersøkelsen (røde punkter).

## 2.2. Innsamling av materiale

Innsamling av materiale ble gjort våren (11.05) og høsten (28.08) 2021. Dette ble gjort sammen med veileder, Stein Fredriksen og medstudent, Birgitte Haugetun Sebjørnsen. Det ble gjort innhenting og registrering av rød-, brun- og grønnalger, i tillegg til registrering av noen dyr, som rur og østers. Det ble også målt salinitet med et refraktometer og temperatur med elektronisk termometer i de øverste centimeterne av vannsøylen, og tatt bilder ved alle stasjonene. Bildene ble tatt av Fredriksen med et Sony Cyber-shot DSC-W300 kamera med et vanntett kamerahus og Olympus tough TG6 undervannskamera. Registreringene ble ført i en bok med vannfast papir.

Alle tre deltok i innsamlingen, der fridykking ned til ca. 1,5 meter ble benyttet i litoral- og sublitoralsonen, og innhenting i tidevannsbassenger, supralitoral- og litoralsonen var fra land. Sebjørnsen og Fredriksen sto for fridykkingen på våren, mens jeg hentet materiale fra land. På høsten fridykket Fredriksen og jeg, mens Sebjørnsen sto for land-innhenting. Lengden på undersøkelsesområdene varierte ettersom hvor vi kom til, og med mengde vegetasjon. Det varierte fra ca. 20 til 40 meter (se appendiks 2) og mellom 10 og 30 minutter.

Makroalgene ble samlet inn i merkede plastflasker med sjøvann og 2% formalin. Algene fra tidevannsbassenger og de minste algene ble puttet i egne, små plastflasker, for å forhindre at de ble oversett. Arten mykt kjerringhår (*Desmarestia viridis*) ble også puttet i egen flaske for å forhindre ødeleggelse av resten av prøvene, ettersom algen inneholder svovelsyre (Eppley og Bovell, 1958). Algene ble oppbevart i flaskene i romtemperatur frem til de skulle analyseres.

## 2.3. Analyse

### 2.3.1. Laboratoriearbeid

Flaskene med makroalgene ble tatt med videre til analyse på laboratoriet. Her ble prøvene tilsatt ferskvann flere ganger for å vanne ut formalinen, før prøvene til slutt ble tilsatt sjøvann og satt i avtrekkskap i minst 24 timer for å fjerne den resterende formalinen. Èn og èn flaske ble tatt opp for å forhindre forråtnelse, og identifiseringen av algene ble gjort i samarbeid med Sebjørnsen.

Materiale ble undersøkt i mikroskop (Wild Leitz BMBH) og/eller lupe med kamera (Nikon SMZ1290) ettersom hva som passet seg for å identifisere algene til laveste taksonomiske nivå. De fleste ble identifisert til artsnivå, og noen få til slektsnivå. For å identifisere artene ble morfologiske trekk som cellestørrelser, forgrening, antall pyrenoider eller periaksialceller, kloroplast-morfologi og lignende sett på. Det ble benyttet en jod-løsning (1 g kaliumjodid, 0,5 g Jod og 50 ml destillert vann) for å farge pyrenoidene hos grønnalgene, og syre (fortynnet saltsyre) for å få periaksialcellene til å gli fra hverandre hos *Polysiphonia*-lignende arter. Skalpell kom også til nytte for å lage tverrsnitt av de ulike algene, i tillegg til måleverktøy i mikroskop for å måle cellestørrelser.

Litteraturen som ble benyttet til identifiseringen var i hovedsak bestemmelsesnøkler for rød-, brun- og grønnalger av Rueness og Nøkling-Eide (2021a, 2021b, 2021c), i tillegg til bestemmelseslitteratur fra Fletcher (1987), Rueness (1977 og 1998), Brodie et al., (2007) og Nielsen og Lundsteen (2019a, 2019b). Nettsiden Algebase.org ble også brukt for å finne det gjeldene arts-navnet. Artene ble registret i en journal, og det ble laget et preparat av de fleste artene på et objektivglass med en blanding av 20 ml destillert vann, 10 ml maissirup, 10 ml 38% formalin og 1 ml 1% anilin. Preparatene ble tatt vare på i en artssamling (se appendiks 4). Artene ble også tatt bilde av i enten mikroskop med kamera på (Nikon Eclipse E200), lupe med kamera eller med mobiltelefon (Iphone X og Samsung Galaxy S20) avhengende av størrelsen på algen. Noen ble også presset.

### 2.3.2. Beregninger

Stasjonene ligger på ulike steder med ulik eksponering for bølger. For å kunne sammenligne eksponeringen ble det beregnet fetch (se bølgeeksponering). Dette ble beregnet ved å lage en sirkel med radius på 1 km på kartet. Kartet som ble brukt hadde en målestokk på 1:10000, og dermed ble radiusen på 12 cm. Deretter ble sirkelen delt opp av 36 linjer med lik avstand mellom seg ut fra origo av sirkelen. Origo ble så plassert på utvalgt stasjon på kartet. Videre ble linjenes avstand fra stasjonen til land målt og addert. Dette resulterte i tallene vist i tabell 1 i resultater. Stasjonene med høyest verdi har høyest fetch, og dermed høyest bølgeeksponering.

### 2.3.3. Statistiske analysemetoder

Hensikten med innsamlingen av materialet var å sammenligne resultatene med Larsens (1995) undersøkelser fra 1993/94. Dette ble blant annet gjort ved å bruke nMDS- og hierarkisk klusteranalyse, der analysene gir grafiske fremstillinger av sammenlignet data. (Andre grafiske fremstillinger er laget i Excel). Jaccard likhetsindeks ble benyttet, som er en indeks som sammenligner hvor like data er (Fletcher og Islam, 2018). For å gjennomføre analysene ble det laget en matrise som viste om artene var til stede (betegnet med tallet 1) eller ikke (betegnet med tallet 0) på alle stasjonene fra 1993/94 og 2021 (se appendiks 3). Matrisen brukt videre i analysen i programmeringsprogrammet R (se koder i appendiks 5), og det ble laget to ulike grafiske fremstillinger.

For å finne ut om resultatene fra analysene kunne brukes videre ble det kjørt en permutasjons-test (ANOVA) for å få en P-verdi. Kort fortalt viser P-verdien sannsynligheten for at forskjellene observert mellom stasjonene er styrt av tilfeldigheter. Resultatet er signifikant, altså at sannsynligheten er liten for at det er tilfeldigheter som har gitt resultatet, om P-verdien er under signifikansnivået (Dorey, 2010). Det vanligste er å bruke et signifikansnivå på 0,05 (Fisher, 1950), som også er benyttet i denne oppgaven.

#### **nMDS-analyse**

Non-metric multidimensional scaling (nMDS) er en analyse som brukes til å sammenligne ulike data gitt i en matrise. Resultatet av analysen er et diagram, ofte i to dimensjoner, som forteller om ulikheter basert på avstand i diagrammet. Større avstand angir større ulikheter (Clarke, 1993). Basert på de beregnede avstandene vil programmet danne diagrammer med ulike ordinasjoner, der en «stress-score» anslår hvor presise grupperingene i diagrammene er. Stress-verdien er et tall mellom 0 og 1, der lavere verdier gir mer presise resultater. Er verdien over 0,2 er diagrammet mindre troverdig (Clarke, 1993).

#### **Hierarkisk klusteranalyse**

Hierarkisk klusteranalyse (hierarkisk klyngeanalyse) er en analyse som også brukes for å sammenligne data, ofte fra en matrise. Fra matrisen sorteres dataene i klustere (klynger),

der dataene med mest likheter er i samme kluster. Klusterene vises i en grafisk fremstilling som kalles et dendrogram (Bridges, 1966). En bootstrap-test viser om hvert kluster i dendrogrammet er signifikant. Jo sikrere testen er, jo høyere tall (McKenna, 2002). X-aksen viser Jaccard avstanden ( $1 - \text{jaccard verdien}$ ), som beskriver hvor ulike dataene er med tall fra 0-1, der 0 betyr at dataene er helt like og 1 helt ulike (Kosub, 2018).

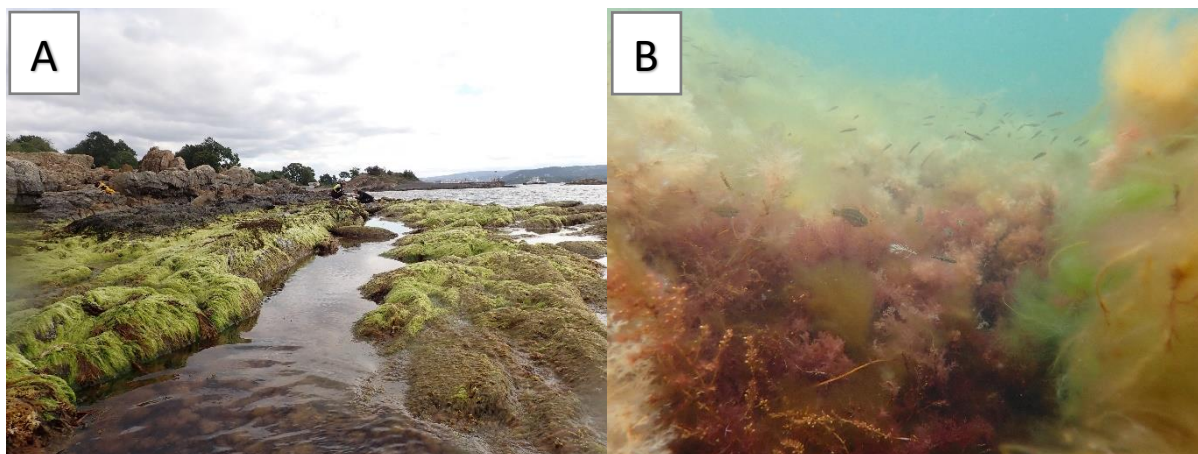
### 3. Resultater

#### 3.1. Beskrivelse av stasjonene

##### Stasjon 1 – Huk

Stasjon 1, Huk ligger ytterst, sør-vest på Bygdøy. Materiale ble samlet inn på en liten odde ut fra badeplassen på Huk. Området var generelt ganske eksponert, med nest høyest fetch av de fire stasjonene (tabell 1). Det så også ut til å være mye båttrafikk forbi stasjonen.

Området besto av hardt underlag og hadde moderat helning. Stasjonen hadde et belte av tang inn mot den mest beskyttede delen av odden, og på den mest eksponerte delen, mot åpent hav, var det svært mye grønnalger, spesielt på høsten (figur 4A). Det var også mye japansk drivtang og lurvealger på stasjonen (figur 4B).



**Figur 4.** **A)** Grønnalger (trolig *Ulva* sp.) i fjæresonen på Huk i august. **B)** Ulike lurvealger og fisk i tillegg japansk drivtang (*Sargassum muticum*) i forgrunnen på Huk i august.

## Stasjon 2 – Dronninghavna

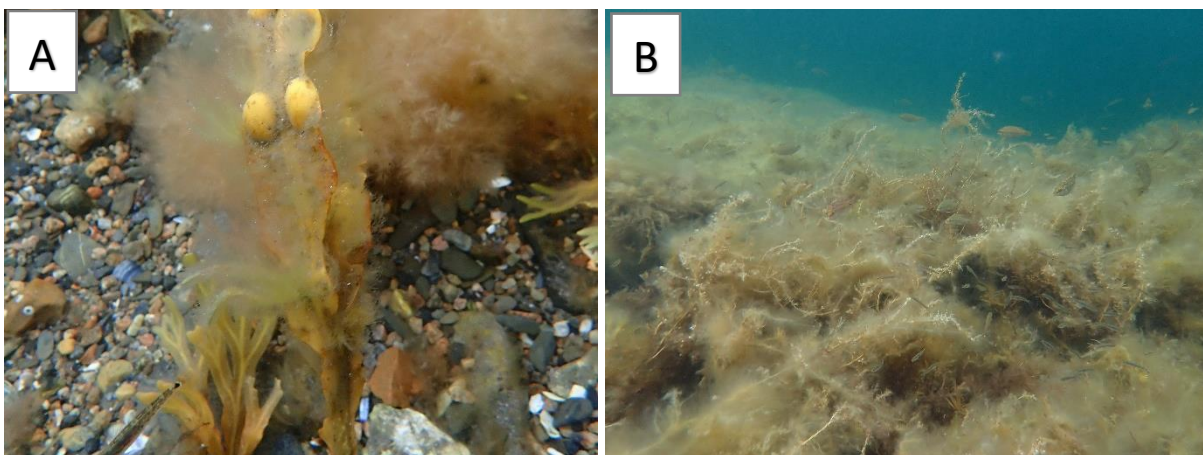
Stasjon 2, Dronninghavna, ligger øst på Bygdøy og innerst i Frognerkilen. Her var det store båtplasser og mye båttrafikk, men det så ut som de hadde en god del lavere fart enn båter i åpne områder. Området hadde lavere fetch enn de andre stasjonene (tabell 1). Vannet så nokså grumsete ut, og det var stort sett bløt og sølete mudderbunn (figur 5) med lite helning. Inntrykket av stasjonen var at det var lite vegetasjon, men store mengder stillehavsøsters. Det var likevel noe grønnalger i overflaten og noe rødalger som vokste flekkvis på bunnen.



*Figur 5. Bløt bunn med grønnalger i fjæresonen i Dronninghavna i mai.*

## Stasjon 3 – Nordre Langøy

Nordre Langøy er som navnet tilsier en øy, og stasjon 3 ligger nord-vest på øyen. Nær stasjonen var det utbygginger, og dermed også noe båttrafikk. I tillegg ligger stasjonen ganske eksponert til med høyest fetch av stasjonene (tabell 1). Bunnen besto stort sett av grov sand (figur 6A), og hadde moderat helning. Området så ut til å ha mye vegetasjon med dominerende mengder lurvealger og japansk drivtang (figur 6B). Det var også en del blæretang og rikt dyreliv som fisk, krabber og reker.

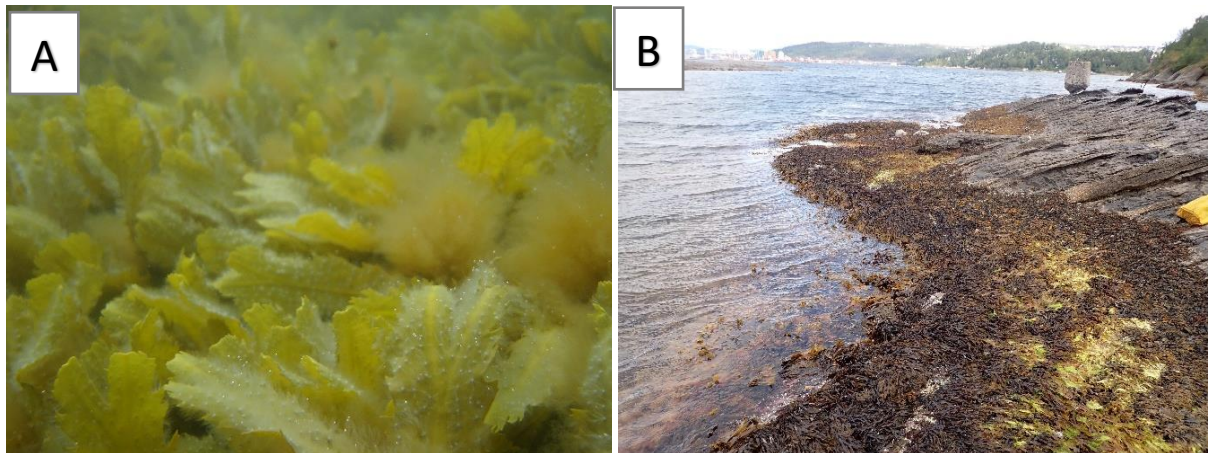


*Figur 6. A) Blæretang (*Fucus vesiculosus*) med parvise blærer og påvekster. Vokste på grov sandbunn på Nordre Langøy i august. B) Lurvealger, japansk drivtang (*Sargassum muticum*) og fisk på Nordre Langøy i august.*



## Stasjon 4 – Malmøykalven

Malmøykalven er en mindre øy vest for Malmøya, der stasjonen lå nord-vest vendt. Denne stasjonen er også ganske eksponert (tabell 1), men så ut til å ha mindre båttrafikk. Stasjonen hadde hard bunn og ganske bratt helning. Det så ut til å være mye vegetasjon på området, med mye sagtang i øvre del av sublitoralsonen (figur 7A) og et tykt tangbelte i litoralsonen (figur 7B). Det var også mye japansk drivtang, kalkalger og trekantmark i området.



**Figur 7.** **A)** Sagtang (*Fucus serratus*) med påvekster på Malmøykalven i mai. **B)** Tangbelte med grønnalger i fjæresonen på Malmøykalven i august.

### 3.2. Målinger ved stasjonene

De beregnede fetch-målingene på de fire stasjonene er vist i tabell 1. Tabellen viser at Nordre Langøy har høyest fetch (202,3), etterfulgt av Huk (189,9) og Malmøykalven (164,7). Til slutt kommer Dronninghavna med lavest fetch-verdi (69,8), som er under halvparten av verdien til de andre stasjonene.

**Tabell 1.** Stasjon med tilhørende beregnet fetch-verdi (bølgeeksponering).

STASJON	FETCH
<b>HUK</b>	189,9
<b>DRONNINGHAVNA</b>	69,8
<b>NORDRE LANGØY</b>	202,3
<b>MALMØYKALVEN</b>	164,7

Stasjonenes salinitet- og temperaturmålinger er vist i tabell 2. Den viser at både temperaturen og saliniteten varierte noe mellom stasjonene og med sesong. Det var høyere temperatur på høsten på alle stasjonene enn på våren, men høyere salinitet på våren enn høsten, med unntak av Dronninghavna. Malmøykalven hadde høyest temperatur på våren (10,2 °C) og Huk lavest (9,2 °C), mens på høsten hadde Nordre Langøy høyest temperatur (17,1 °C) og Dronninghavna lavest (14,8 °C). Saliniteten på våren var høyest på Huk og Nordre Langøy (begge 33) og lavest i Dronninghavna (16). På høsten hadde Huk høyest verdi (30) og Nordre Langøy og Malmøykalven lavest (begge 25).

**Tabell 2.** Oversikt over stasjonene og tilhørende temperatur (°C) og salinitet (PSU (Practical Salinity Unit)) målt i de 5-10 øverste cm. av vannsøylen.)

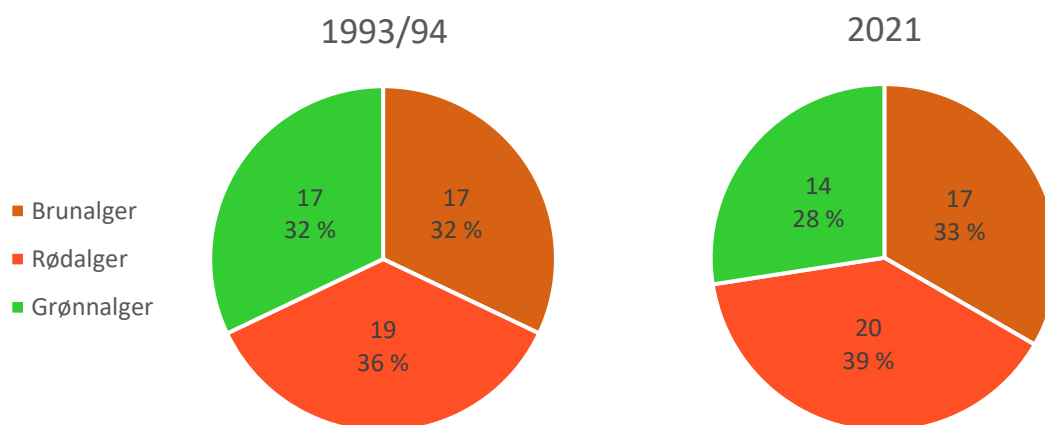
STASJON	TEMPERATUR (°C)		SALINITET (PSU)	
	Vår	Høst	Vår	Høst
<b>HUK</b>	9,2	15	33	30
<b>DRONNINGHAVNA</b>	9,7	14,8	16	28
<b>NORDRE LANGØY</b>	9,3	17,1	33	25
<b>MALMØYKALVEN</b>	10,2	16,5	30	25

### 3.3. Sammenligning med Larsens funn

For at resultatene skulle korrelere best mulig med Larsens (1995) resultater ble noen av artene slått sammen til slektsnivå. Dette gjaldt slektene *Ulothrix*, *Ectocarpus* og *Cladophora*. Vanlig grønndusk (*Cladophora rupestris*) ble identifisert i denne undersøkelsen, men ikke av Larsen (1995). Han beskrev derimot alger som kunne ligne vanlig grønndusk, og derfor ble også denne arten slått sammen til slektsnivå, selv om algen har karaktertrekk som skiller seg ut fra andre *Cladophora*-arter, som blant annet den mørkegrønne fargen. I tillegg beskrev Larsen (1995) arten grenet tarmgrønske (*Ulva compressa*) som et synonym for arten tarmgrønske (*Ulva intestinalis*), og artene måtte derfor også slås sammen. I tillegg ble artene *Aglaothamnion halliae* og *Ceramium cimbricum* fjernet fra Larsens (1995) resultater ettersom de ble funnet utenfor mitt undersøkelsesområde (under 1,5 meter). Larsen (1995) identifiserte flere skorpealger, og disse ble slått sammen til en felles betegnelse

«skorpeformet alge», ettersom det ikke ble sett på skorpealger i denne undersøkelsen, med unntak av fjæreblod (*Hildenbrandia rubra*) som er lettere å identifisere.

Det ble funnet totalt 51 arter i denne undersøkelsen, derav 17 brunalger, 20 rødalger og 14 grønnalger. Larsen (1995) fant totalt 53 arter på de samme stasjonene der 17 var brunalger, 19 var rødalger og 17 var grønnalger. Fordelingene er vist i figur 8. Figuren viser at grønnalgene har minket med 4 % siden 1993/94, mens rød- og brunalgene har økt med henholdsvis 3 % og 1 %. Rødalgegruppen hadde størst andel arter av de tre algegruppene både i 1993/94 og 2021 med henholdsvis 36 % og 39 %.



**Figur 8.** Kakediagram over andel identifiserte, brun-, rød- og grønnalger med antall og i prosent. Andelene fra 1993/94 er vist til venstre, og andelene fra 2021 er vist til høyre.

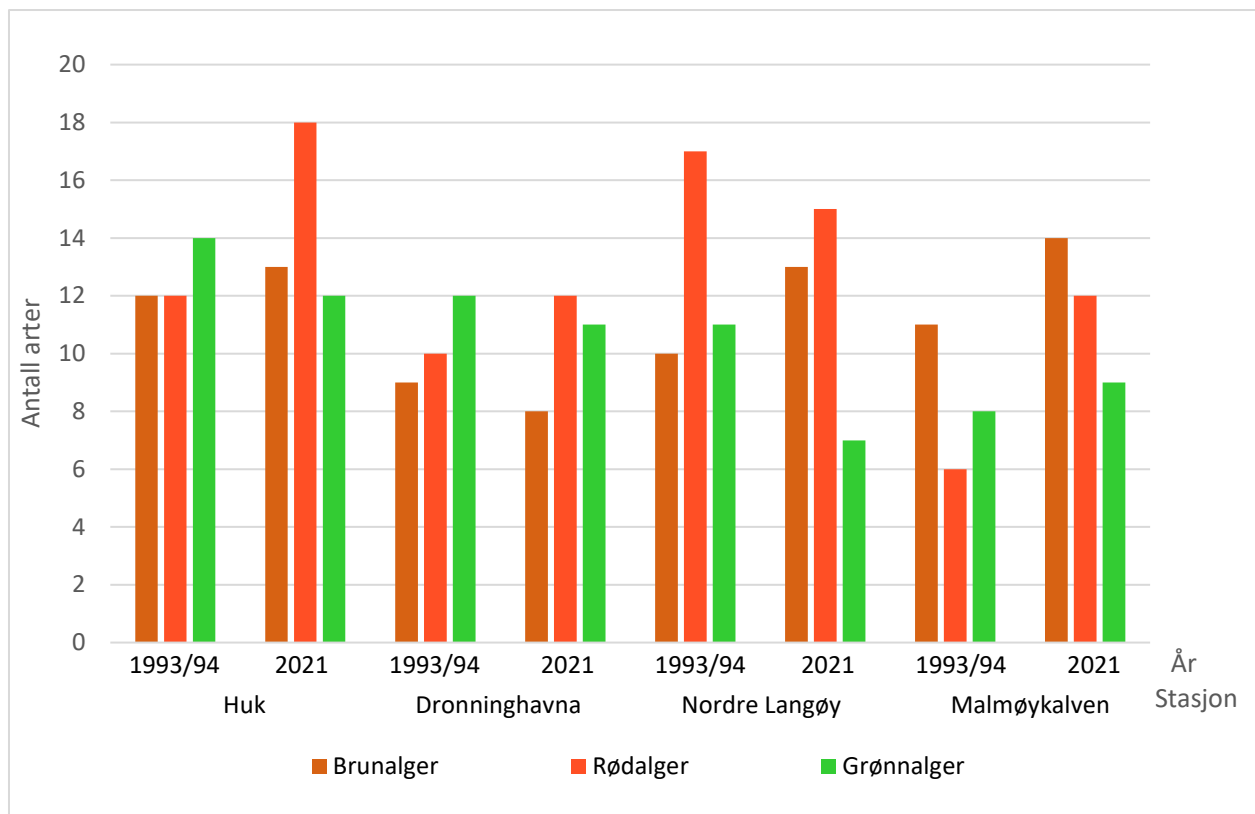
Av identifiserte arter fant Larsen (1995) 12 arter som ikke ble funnet i denne undersøkelsen, og motsatt var det 13 arter. Dersom artene som ble slått sammen til slekt inkluderes, utenom skorpealgene, blir det henholdsvis 16 og 15 arter. Disse artene er oppgitt i tabell 3 og arter som er slått sammen til slekt er markert i rødt.

**Tabell 3.** Til venstre vises arter funnet i 1993/94, men ikke 2021, og til høyre vises arter som ble funnet i 2021, men ikke 1993/94. Arter som er slått sammen til slekt (markert i rødt) er tatt med, men ikke skorpealger.

1993/94	2021
Ochrophyta:	Ochrophyta:
<i>Ectocarpus cf. fasciculatus</i>	<i>Desmarestia aculeata</i>
<i>Hinckesia sandriana</i>	<i>Punctaria plantaginea</i>
<i>Petalonia fascia</i>	<i>Sargassum muticum</i>
<i>Saccharina latissima</i>	<i>Stictyosiphon tortilis</i>
<i>Spongonema tomentosum</i>	<i>Striaria attenuata</i>
Rhodophyta:	Rhodophyta:
<i>Acrochaetium secundatum</i>	<i>Ahnfeltia plicata</i>
<i>Porphyra cf. purpurea</i>	<i>Antithamnion cruciatum</i>
<i>Porphyra cf. umbilicalis</i>	<i>Cystoclonium purpureum</i>
<i>Stylonema alsidii</i>	<i>Dasya pedicellata</i>
	<i>Gracilaria vermiculophylla</i>
Chlorophyta:	Chlorophyta:
<i>Acrosiphonia arcta</i>	<i>Cladophora rupestris</i>
<i>Chaetomorpha ligustica</i>	<i>Spongomorpha aeruginosa</i>
<i>Cladophora cf. albida</i>	<i>Ulva clathrata</i>
<i>Codium fragile</i>	<i>Ulva compressa</i>
<i>Ulothrix cf. flacca</i>	<i>Urospora wormskioldii</i>
<i>Ulva cf. ralfsii</i>	
<i>Ulva linza</i>	

Fordelingen av arter varierte innad hver stasjon. Figur 9 med tilhørende tabell 4 under viser fordelingen av antall arter innad de tre algegruppene rød-, brun- og grønnalger på stasjonene i 1993/94 og 2021. Det var flest antall rødalger på tre av fire stasjoner i 2021. Totalt antall arter hadde endret seg fra 38 arter i 1993/94 til 43 arter i 2021 på Huk, ingen endring i Dronninghavna med fortsatt 31 arter, fra 38 til 35 arter på Nordre Langøy og fra 25 til 35 arter på Malmøykalven. Den største endringen i totalt antall arter var altså økningen på Malmøykalven med 10 arter.

På de fleste stasjonene hadde rød- og brunalgeartene økt i antall siden 1993/94, med unntak av henholdsvis Nordre Langøy og Dronninghavna. Antall grønnalger hadde derimot gått ned, unntatt på Malmøykalven.



**Figur 9.** Fordeling av antall arter i de tre gruppene, brun-, rød- og grønnalger, på de ulike stasjonene i 1993/94 og 2021. X-aksen viser stasjoner og årstall, mens y-aksen viser antall identifiserte brun-, rød- og grønnalger.

**Tabell 4.** Fordeling av arter i de tre gruppene, brun-, rød- og grønnalger på de ulike stasjonene, i 1993-94 og 2021.

Stasjon	Huk		Dronninghavna		Nordre Langøy		Malmøykalven	
	1993-94	2021	1993-94	2021	1993-94	2021	1993-94	2021
<b>Brunalger</b>	12	13	9	8	10	13	11	14
<b>Rødalger</b>	12	18	10	12	17	15	6	12
<b>Grønnalger</b>	14	12	12	11	11	7	8	9
<b>Sum</b>	<u>38</u>	<u>43</u>	<u>31</u>	<u>31</u>	<u>38</u>	<u>35</u>	<u>25</u>	<u>35</u>

Det ble funnet fire av de fem tangartene både i undersøkelsene fra 1993/94 og 2021. Funnene er vist i tabell 5. Begge undersøkelsene registrerte gjelvtang på alle stasjonene, men ingen funn av grisetangen. Sagtang og blæretang ble ikke funnet i Dronninghavna eller på Nordre Langøy i 1993/94, men ble registrert på begge stasjonene i 2021. Spiraltang ble funnet på alle stasjonene av Larsen (1995) i 1993/94, men ble ikke registrert i Dronninghavna eller på Nordre Langøy i 2021.

**Tabell 5.** Oversikt over tilstedeværelse av de fem tangartene, vist med 1 (til stede) og 0 (ikke til stede), på de fire stasjonene i 1993/94 og 2021. Tilstedeværelse er også markert i grønn.

/Stasjon	Huk		Dronninghavna		Nordre Langøy		Malmøykalven	
	1993/94	2021	1993/94	2021	1993/94	2021	1993/94	2021
Tangart / År								
Gjelvtang	1	1	1	1	1	1	1	1
Sagtang	1	1	0	1	0	1	1	1
Blæretang	1	1	0	1	0	1	1	1
Spiraltang	1	1	1	0	1	0	1	1
Grisetang	0	0	0	0	0	0	0	0

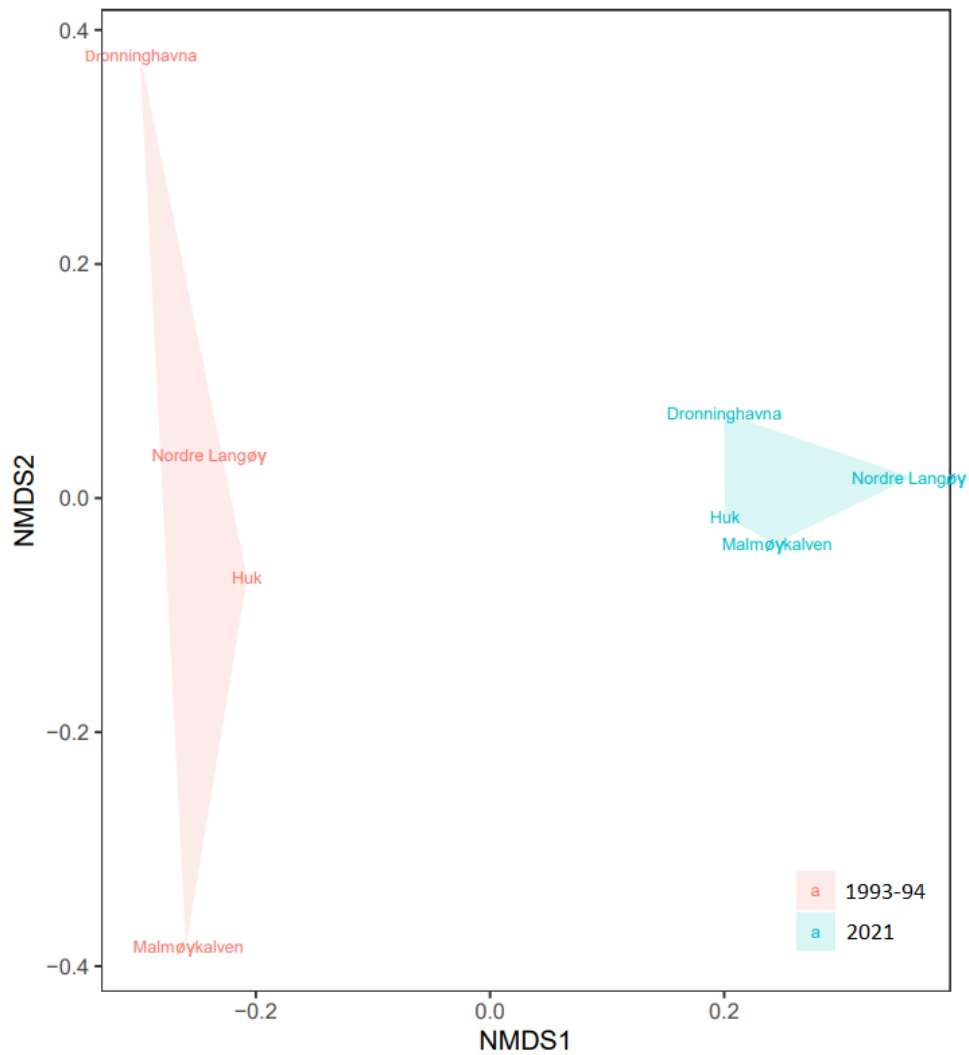
### 3.4. Statistisk analyse

P-verdien for sammenligning av artene på stasjonene over tid (stasjonene fra 1993/94 sammenlignet med 2021) var 0,007 og dermed signifikant. P-verdien for sammenligning av artene innad i de ulike årene (stasjonene fra 1993/94 sammenlignet med hverandre, og stasjonene fra 2021 med hverandre) var 0,291 og dermed ikke signifikant. Derfor bør videre bruk av disse resultatene unngås, og vil ikke beskrives videre.

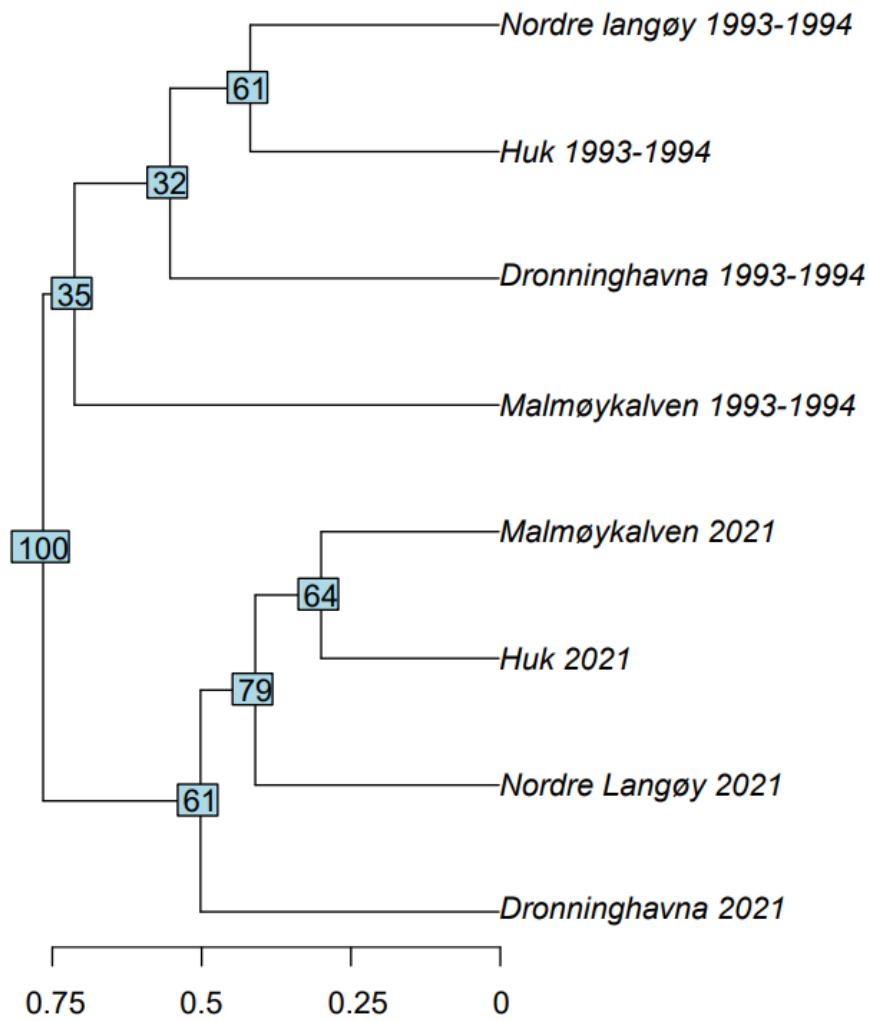
Figur 10 viser diagrammet laget i nMDS-analysen. Diagrammet viser stor avstand mellom stasjonene fra 1993/94 og stasjonene fra 2021, altså store ulikheter over tid. Verdien fra stress-testen for denne analysen var 0,040041, som er under 0,2 og ordinasjonen for diagrammet er derfor akseptabelt.

Figur 11 viser dendrogrammet dannet fra den hierarkiske kluster-analysen. Ved klusteret som skiller stasjonene fra 1993/94 og stasjonene fra 2021 (over tid) er Jaccard-avstanden

høyest, og viser at disse stasjonene har minst slektskap og er dermed mest ulike. Bootstrap-testen viser 100% på denne ordinasjonen, som betyr at resultatet er signifikant. På de resterende ordinasjonene er Bootstrap-verdiene relativt lave, og bør ikke benyttes videre.



**Figur 10.** Diagram fra nMDS-analyse (Non-metric multidimensional scaling analysis) ved bruk av Jaccard-likhetsindeksen. Avstanden mellom stasjonene fra Indre Oslofjord fra 1993-94 (rød) og 2021 (blå) betegner likheten mellom dem. Lengre avstand viser større ulikhet.



**Figur 11.** Dendrogram laget ved hierarkisk kluster-analyse. Figuren viser hvor like stasjonene er ved at de likeste er plassert i samme klutser. Tallene i blå boks indikerer signifikansen (i prosent) med en bootstrap-test. X-aksen viser Jaccard-avstanden.



### 3.5. Taksonomisk oversikt og utbredelse

De identifiserte artene kan fordeles i de tre ulike rekkene, Ochrophyta (brunalger i klassen Phaeophyceae under denne rekken), Rhodophyta (rødalger) og Chlorophyta (grønnalger). Nedenfor kommer en oversikt over hvilke arter som hører til de ulike rekkene og hvor de ble funnet, illustrert med svart prikk på kartet. Hvit prikk indikerer ingen funn. Larsens (1995) funn vises på kartet med en pil.

#### 3.5.1 Ochrophyta

Rekke: OCHROPHYTA:

Klasse: PHAEOPHYCEAE

Orden: DESMARESTIALES

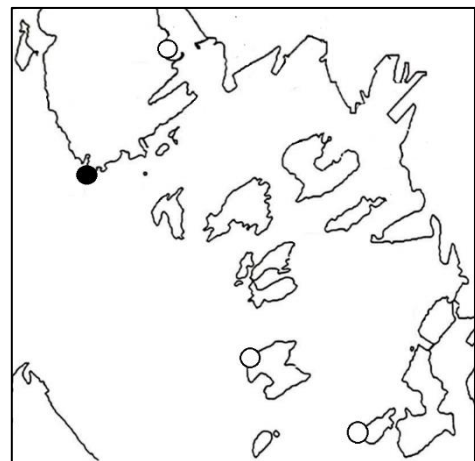
Famile: DESMARESTIACEAE

***Desmarestia aculeata* (Linnaeus) J.V.Lamouroux**

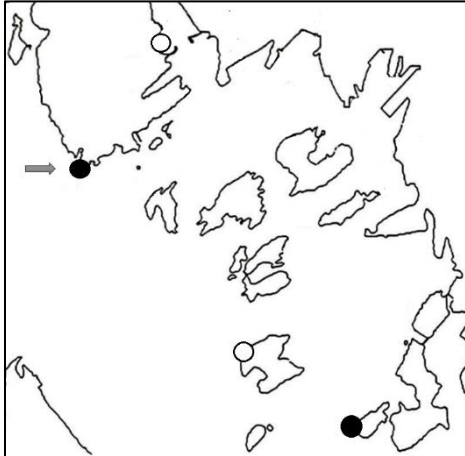
(Vanlig kjerringhår)

Forekomst: Arten ble funnet på Huk i mai.

Tidligere funn: Denne arten er ikke funnet av Larsen (1995) på stasjonene tidligere.



**Figur 12.** Utbredelse av *Desmarestia aculeata*.



***Desmarestia viridis* (O.F.Müller) J.V.Lamouroux**

(Mykt kjerringhår)

Forekomst: Arten ble funnet på Huk og Malmøykalven i mai.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk i mars og juni.

**Figur 13.** Utbredelse av *Desmarestia viridis*.

Orden: ECTOCARPALES

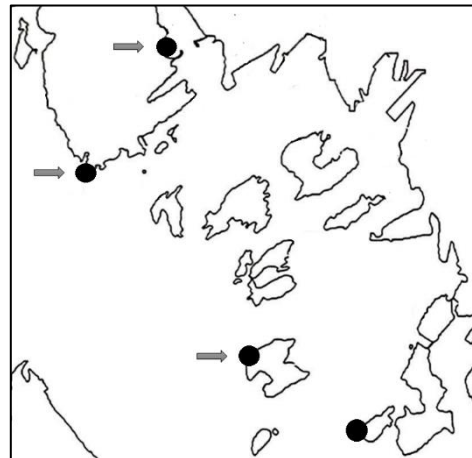
Familie: ACINETOSPORACEAE

***Pylaiella littoralis* (Linnaeus) Kjellman**

(Perlesli)

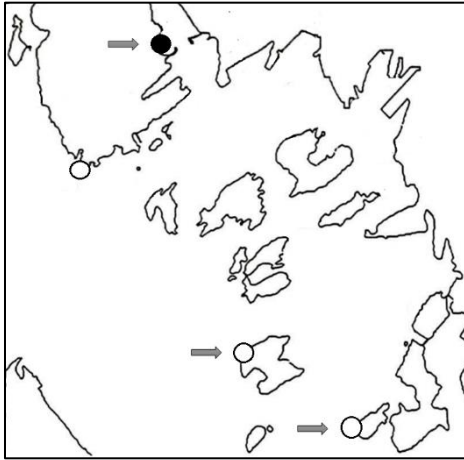
Forekomst: Arten ble funnet på alle stasjonene i mai og på Huk i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk i mars, i Dronninghavna i september og på Nordre Langøy i september og juni.



**Figur 14.** Utbredelse av *Pylaiella littoralis*.

Famile: CHORDARIACEAE



***Dictyosiphon foeniculaceus* (Hudson) Greville**

(Finsveig)

Forekomst: Arten ble funnet i Dronninghavna i mai.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten i Dronninghavna, på Nordre Langøy og Malmøykalven i juni.

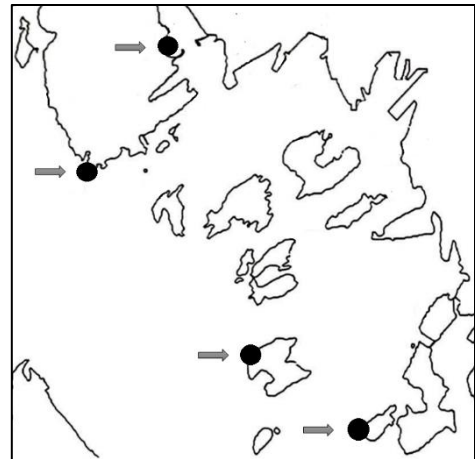
**Figur 15.** Utbredelse av *Dictyosiphon foeniculaceus*.

***Elachista fucicola* (Velley) Areschoug**

(Tanglo)

Forekomst: Arten ble funnet på alle stasjonene. Den ble funnet i Dronninghavna, på Nordre Langøy og Malmøykalven i mai, og på Huk, Nordre Langøy og Malmøykalven i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant også arten på alle stasjonene. Han fant den på Huk i september og juni, i Dronninghavna og på Malmøykalven i juni, og på Nordre Langøy i september, april og juni.



**Figur 16.** Utbredelse av *Elachista fucicola*.



***Punctaria plantaginea* (Roth) Greville**

(Prikktunge)

Forekomst: Arten ble funnet på Nordre Langøy og Malmøykalven i mai.

Tidligere funn: Denne arten er ikke funnet av Larsen (1995) på stasjonene tidligere.

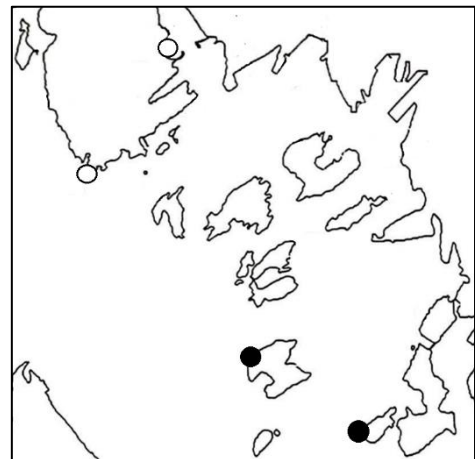
**Figur 17.** Utbredelse av *Punctaria plantaginea*.

***Stictyosiphon tortilis* (Gobi) Areschoug ex Reinke**

(Langcellet brunskjegg)

Forekomst: Arten ble funnet på Nordre Langøy og Malmøykalven i mai.

Tidligere funn: Denne arten er ikke funnet av Larsen (1995) på stasjonene tidligere.



**Figur 18.** Utbredelse av *Stictyosiphon tortilis*.



***Striaria attenuata* (Greville) Greville**

(Stripesveig)

Forekomst: Arten ble funnet på Nordre Langøy i mai.

Tidligere funn: Denne arten er ikke funnet av Larsen (1995) på stasjonene tidligere.

**Figur 19.** Utbredelse av *Striaria attenuata*.

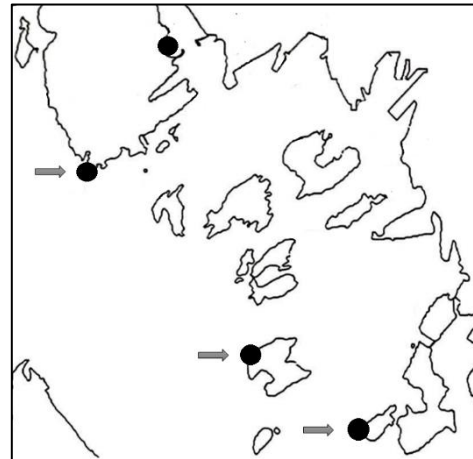
Familie: ECTOCARPACEAE

***Ectocarpus* spp.**

Disse algene ble identifisert til slekt og ikke til artsnivå pga. vanskeligheter med å skille artene.

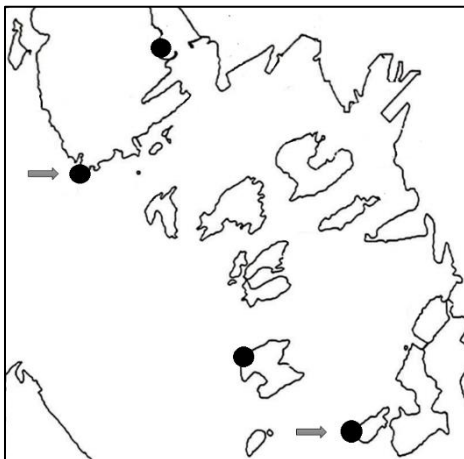
Forekomst: Algene ble funnet på Nordre Langøy og Malmøykalven i mai og på alle stasjonene i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant *Ectocarpus* sp. på Huk og Malmøykalven i juni. På Nordre Langøy ble en *Ectocarpus*-art identifisert (*Ectocarpus fasciculatus*) i september og juni.



**Figur 20.** Utbredelse av *Ectocarpus* spp.

Familie: SCYTOSIPHONACEAE



***Scytosiphon lomentaria* (Lyngbye) Link**  
(Fjæreslo)

Forekomst: Arten ble funnet på alle stasjonene i mai.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk i september og juni og på Malmøykalven i juni.

**Figur 21.** Utbredelse av *Scytosiphon lomentaria*

Orden: FUCALES

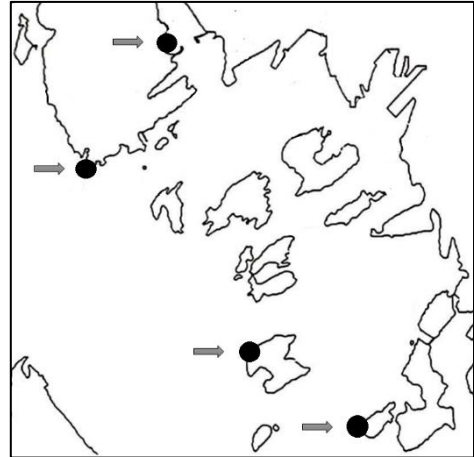
Familie: FUCACEAE

***Fucus distichus* subsp. *evanescens* (C.Agardh) H.T.Powell**

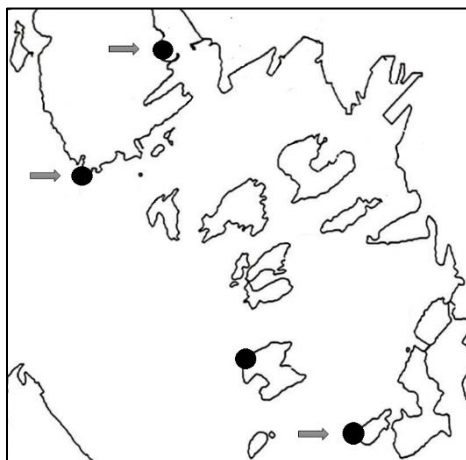
(Gjelvtang)

Forekomst: Arten ble funnet på alle stasjonene i mai og august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk, i Dronninghavna, på Nordre Langøy og Malmøykalven i september og juni. I tillegg til i mars på Huk.



**Figur 22.** Utbredelse av *Fucus distichus* subsp. *evanescens*.



***Fucus serratus* Linnaeus**

(Sagtang)

Forekomst: Arten ble funnet på alle stasjonene i mai og på Huk, Nordre Langøy og Malmøykalven i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk i juni, i Dronninghavna i september, og Malmøykalven i september og juni.

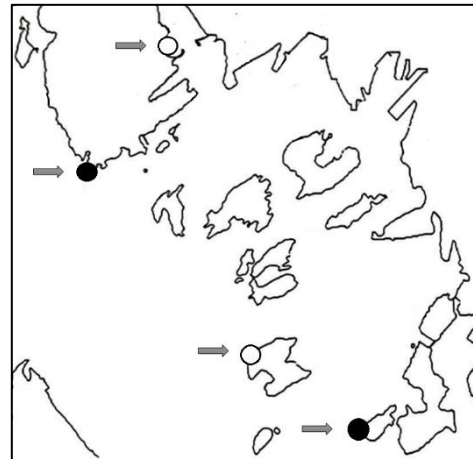
**Figur 23.** Utbredelse av *Fucus serratus*.

***Fucus spiralis* Linnaeus**

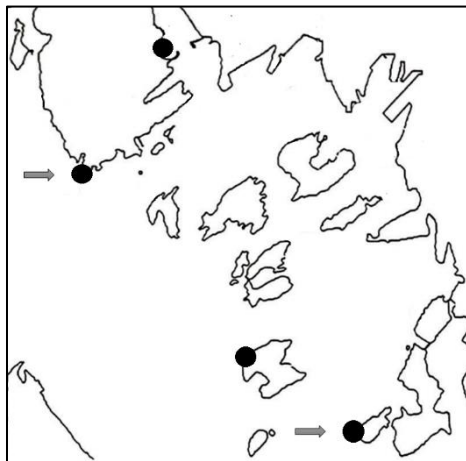
(Spiraltang)

Forekomst: Arten ble funnet på Huk og Malmøykalven i mai og august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk, Nordre Langøy og Malmøykalven i september og juni. Den ble også funnet i Dronninghavna i september.



**Figur 24.** Utbredelse av *Fucus spiralis*.



***Fucus vesiculosus* Linnaeus**

(Blæretang)

Forekomst: Arten ble funnet på alle stasjonene i mai og på Nordre Langøy i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk i mars og på Malmøykalven i september.

**Figur 25.** Utbredelse av *Fucus vesiculosus*.

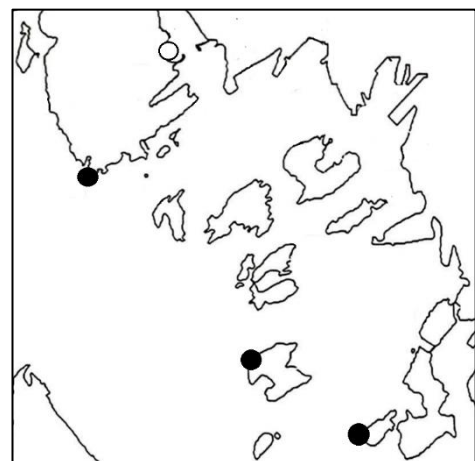
Familie: SARGASSACEAE

***Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt**

(Japansk drivtang)

Forekomst: Arten ble funnet på Huk, Nordre Langøy og Malmøykalven i mai og august.

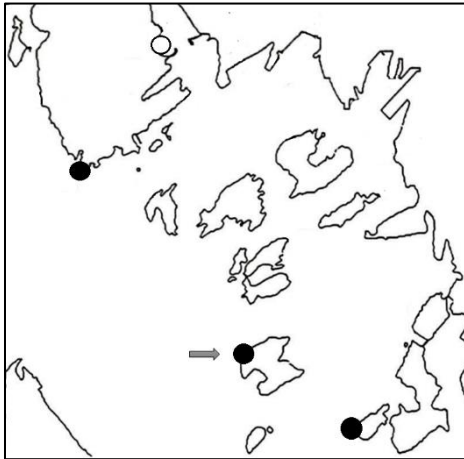
Tidligere funn: Denne arten er ikke funnet av Larsen (1995) på stasjonene tidligere.



**Figur 26.** Utbredelse av *Sargassum muticum*.

Orden: SPHACELARIALES

Familie: SPHACELARIACEAE



***Sphacelaria cirrosa* (Roth) C.Agardh**

(Bruntufs)

Forekomst: Arten ble funnet på Huk, Nordre Langøy og Malmøykalven i både mai og august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Nordre Langøy i september.

**Figur 27.** Utbredelse av *Sphacelaria cirrosa*.

Orden: STSCHAPOVIALES

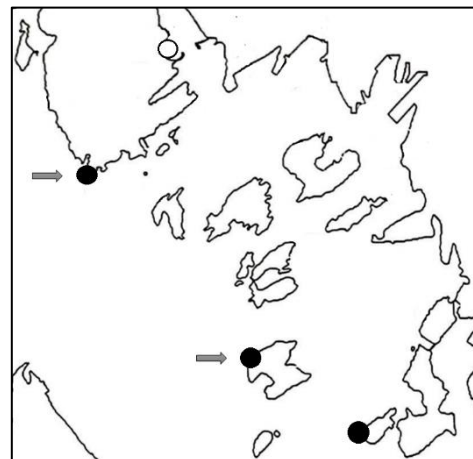
Familie: HALOSIPHONACEAE

***Halosiphon tomentosus* (Lyngbye) Jaasund**

(Lodnetaum)

Forekomst: Arten ble funnet på Huk, Nordre Langøy og Malmøykalven i mai.

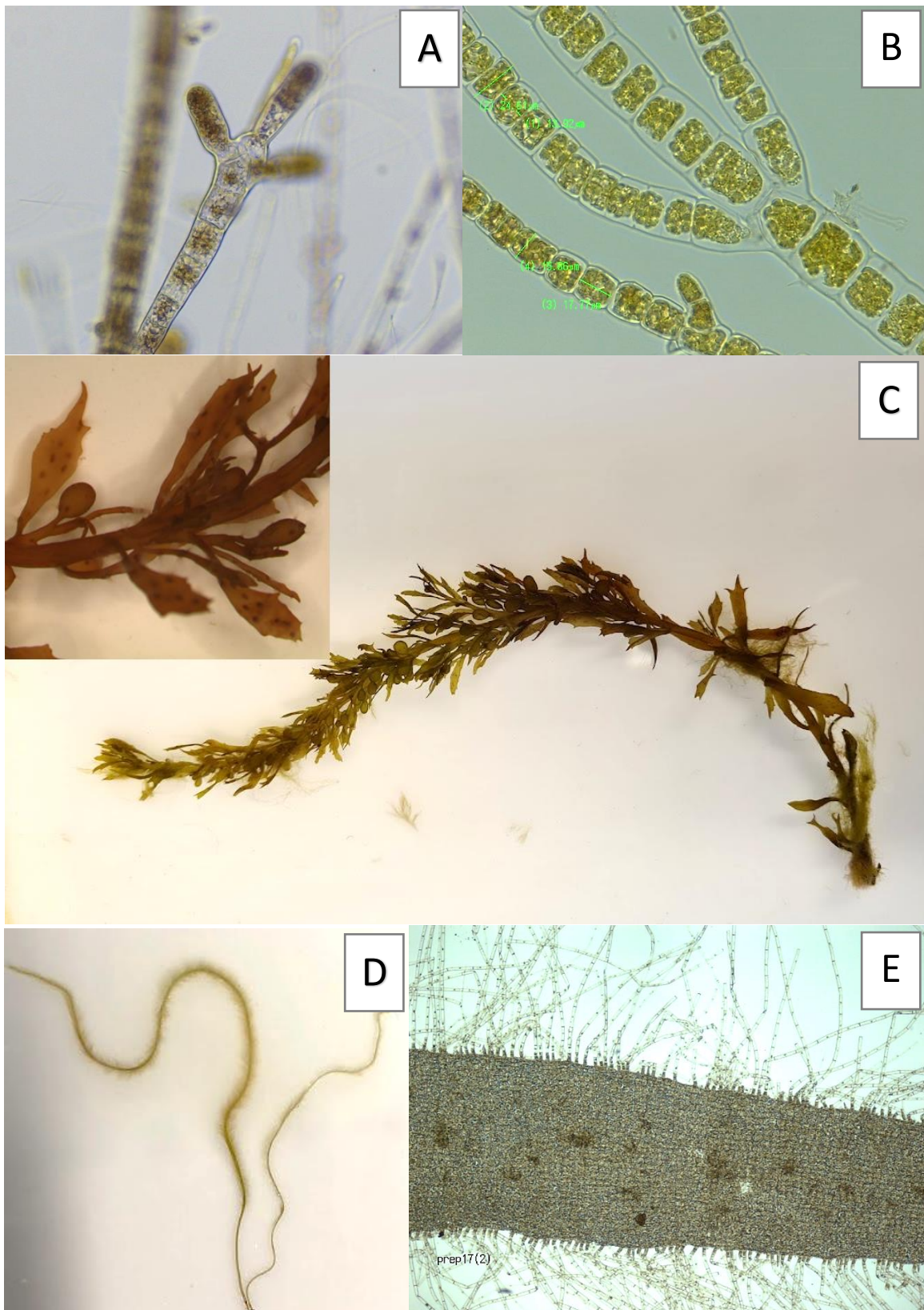
Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk i juni og på Nordre Langøy i april med synonym-navnet *Chorda tomentosa* Lyngbye.



**Figur 28.** Utbredelse av *Halosiphon tomentosus*.



BILDEREKKE 1



**Figur 29. A)** Bruntufs (*Sphacelaria cirrosa*) funnet på Nordre Langøy i august. **B)** Perlesli (*Pylaiella littoralis*) funnet på Huk i mai. **C)** Japansk drivtang (*Sargassum muticum*) med nærbilde funnet på Huk i mai. **D)** Lodnetaum (*Halosiphon tomentosum*) funnet på Nordre Langøy i mai. **E)** Prikkunge (*Punctaria plantaginea*) funnet på Nordre Langøy i mai.

### 3.5.2. Rhodophyta

Rekke: RHODOPHYTA

Klasse: BANGIOPHYCEAE

Orden: BANGIALES

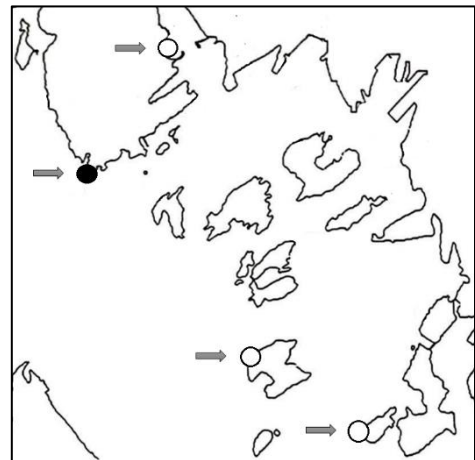
Familie: BANGIACEAE

#### ***Porphyra* sp.**

(Fjærehinneslekten)

Forekomst: Algen ble funnet på Huk i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant *Porphyra* sp. på Huk, Nordre Langøy og Malmøykalven i juni, i tillegg til i september på Malmøykalven. Han fant *Porphyra* cf. *purpurea* i Dronninghavna og på Nordre Langøy i september, og *Porphyra* cf. *umbilicalis* på Malmøya i september.

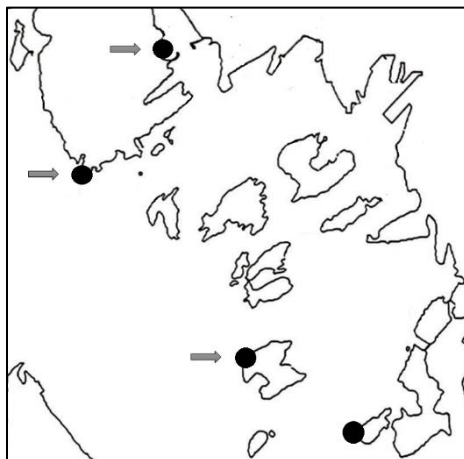


**Figur 30.** Utbredelse av *Porphyra* sp.

Klasse: COMPSOPOGONOPHYCEAE

Orden: ERYTHROPELTALES

Familie: ERYTHROTRIVHIACEAE



#### ***Erythrotrichia carnea* (Dillwyn) J. Agardh**

(Rød stjerne-tråd)

Forekomst: Arten ble funnet på Malmøykalven i mai og på alle stasjonene i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk og Nordre Langøy i september, og i Dronninghavna i september og juni.

**Figur 31.** Utbredelse av *Erythrotrichia carnea*.

Klasse: FLORIDEOPHYCEAE

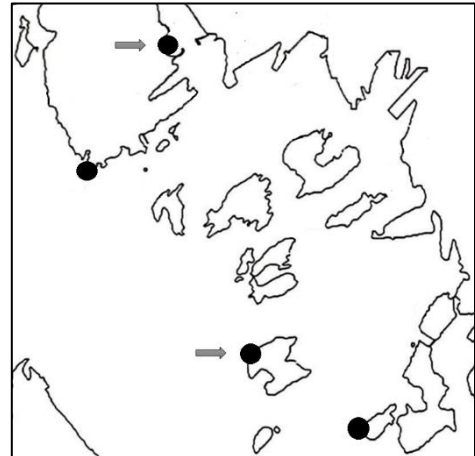
Orden: ACROCHAETIALES

Familie: ACROCHAETIACEAE

***Acrochaetium* sp.**

Forekomst: Algen ble funnet på Huk i mai og på alle stasjonene i august.

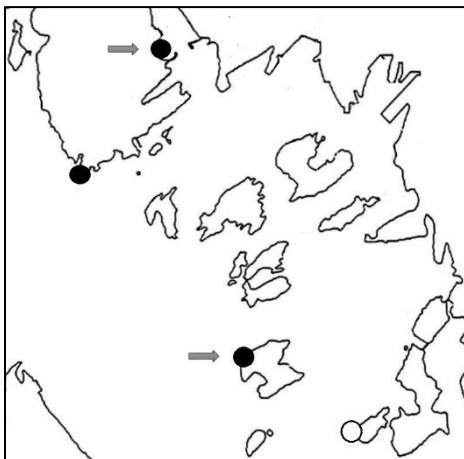
Tidligere funn: Larsen (1995) fant *Acrochaetium* sp. i Dronninghavna og på Nordre Langøy i september og juni med synonym-navnet *Audouinella* sp. Han fant også arten *Acrochaetium secundatum* på Nordre Langøy i juni med synonym-navnet *Audouinella* cf. *virgatula*.



**Figur 32.** Utbredelse av *Acrochaetium* sp.

Orden: CERAMIALES

Familie: CALLITHAMNIACEAE



***Callithamnion corymbosum* (Smith) Lyngbye**

(Gaffelgretet havpryd)

Forekomst: Arten ble funnet på Huk og Nordre Langøy i mai og på Huk og i Dronninghavna i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten i Dronninghavna i september og juni, og på Nordre Langøy i september.

**Figur 33.** Utbredelse av *Callithamnion corymbosum*.

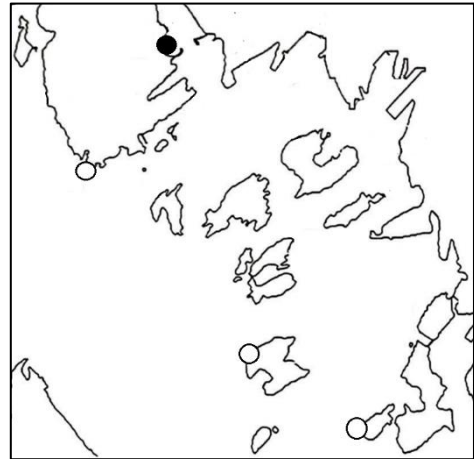
Familie: CERAMIACEAE

***Antithamnion cruciatum* (C.Agardh) Nägeli**

(Knippehavdun)

Forekomst: Arten ble funnet i Dronninghavna i august.

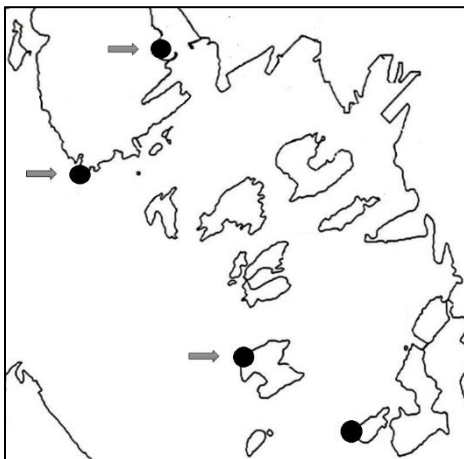
Tidligere funn: Denne arten er ikke funnet av Larsen (1995) på stasjonene tidligere.



**Figur 34.** Utbredelse av *Antithamnion cruciatum*.

***Ceramium tenuicorne* (Kützing) Waern**

(Tynn rekeklo)



Forekomst: Arten ble funnet på Huk, i Dronninghavna og på Nordre Langøy i mai, og funnet på Huk, Nordre Langøy og Malmøykalven i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk, Dronninghavna og Nordre Langøy i september med synonym-navnet *Ceramium strictum*. Den ble også funnet i Dronninghavna i juni.

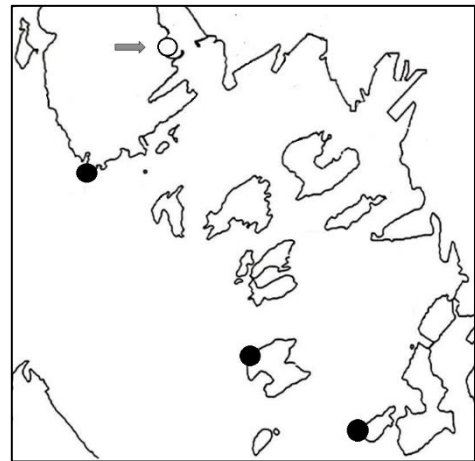
**Figur 35.** Utbredelse av *Ceramium tenuicorne*.

***Ceramium virgatum* Roth**

(Vanlig rekeklo)

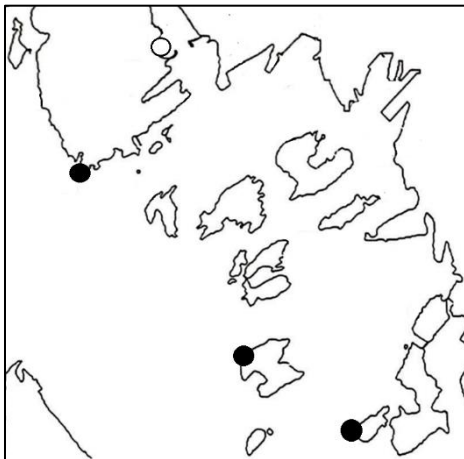
Forekomst: Arten ble funnet på Huk, Nordre Langøy og Malmøykalven i både mai og august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten i Dronninghavna i september med synonym-navnet *Ceramium nodulosum*.



**Figur 36.** Utbredelse av *Ceramium virgatum*.

Familie: DELESSERIACEAE



***Dasya pedicellata* (C.Agardh) C.Agardh 1824**

(Strømgarn)

Forekomst: Arten ble funnet på Huk, Nordre Langøy og Malmøykalven i august.

Tidligere funn: Denne arten er ikke funnet av Larsen (1995) på stasjonene tidligere.

**Figur 37.** Utbredelse av *Dasya pedicellata*.

Familie: RHODOMELACEAE

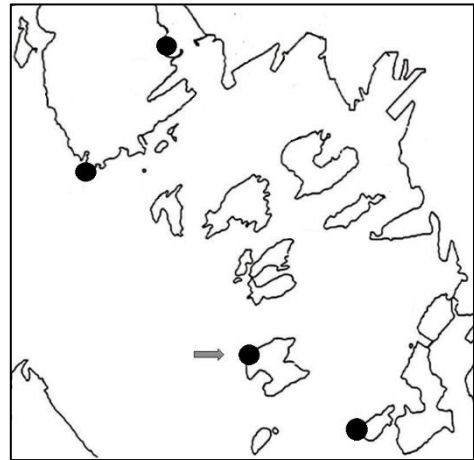
***Leptosiphonia fibrillosa* (Agardh) Savoie &**

**G.W.Saunders**

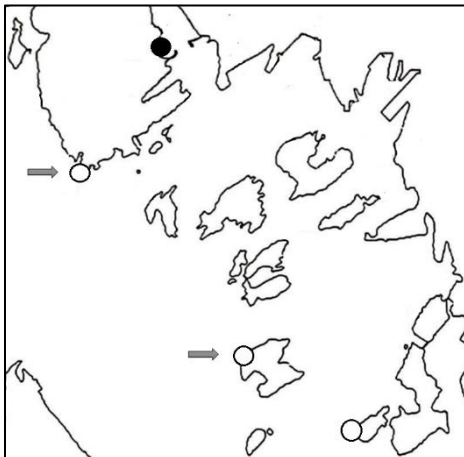
(Tangdokke)

Forekomst: Arten ble funnet på Huk, Nordre Langøy og Malmøykalven i mai og på Huk, i Dronninghavna og på Nordre Langøy i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Nordre Langøy i september og juni.



**Figur 38.** Utbredelse av *Leptosiphonia fibrillosa*.



***Melanothamnus harveyi* (Bailey) Díaz-Tapia & Maggs**

Forekomst: Arten ble funnet på Dronninghavna i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk og Nordre Langøy i september og juni med synonymnavnet *Polysiphonia harveyi*.

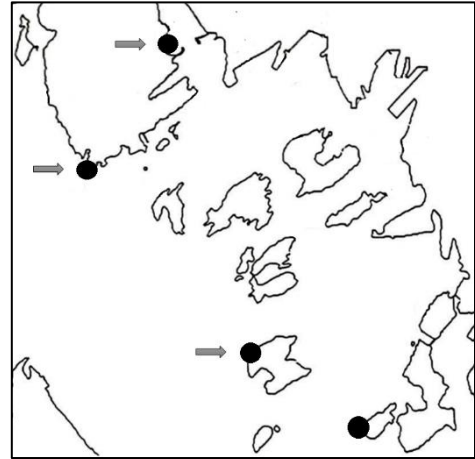
**Figur 39.** Utbredelse av *Melanothamnus harveyi*.

***Polysiphonia stricta* (Mertens ex Dillwyn) Greville**

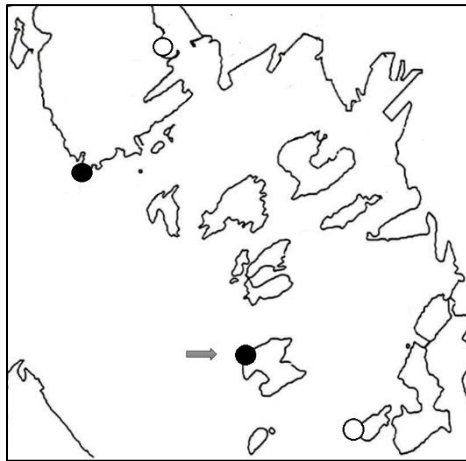
(Røddokke)

Forekomst: Arten ble funnet på alle stasjonene i mai og på Nordre Langøy og Malmøykalven i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk i juni, i Dronninghavna i september og Nordre Langøy i både september og juni.



**Figur 40.** Utbredelse av *Polysiphonia stricta*.



***Rhodomela confervoides* (Hudson) P.C.Silva**

(Teinebusk)

Forekomst: Arten ble funnet på Huk og Nordre Langøy i mai og august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Nordre Langøy i juni.

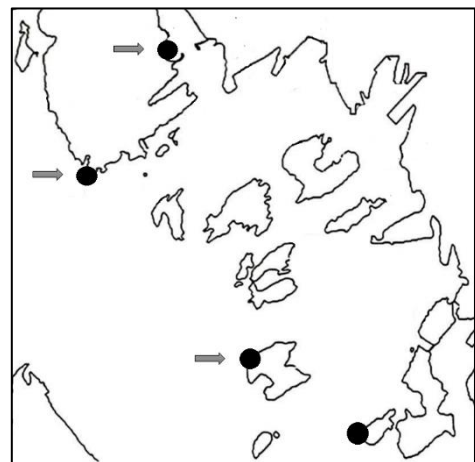
**Figur 41.** Utbredelse av *Rhodomela confervoides*.

***Vertebrata fucoides* (Hudson) Kuntze**

(Svartdokke)

Forekomst: Arten ble funnet på alle stasjonene i mai og på Huk og Nordre Langøy i august.

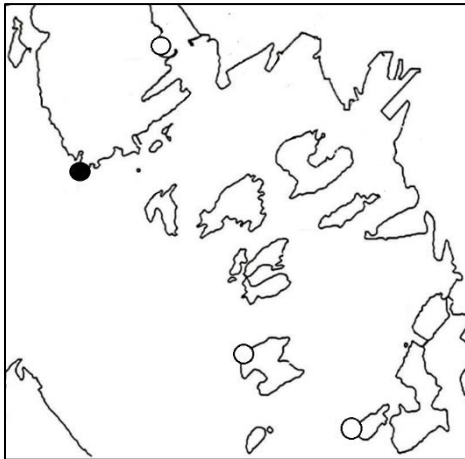
Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk og i Dronninghavna i september og juni, og på Nordre Langøy i juni med synonym-navnet *Polysiphonia fucoides*.



**Figur 42.** Utbredelse av *Vertebrata fucoides*.

Orden: GIGARTINALES

Familie: CYSTOCLONIACEAE



***Cystoclonium purpureum* (Hudson) Batters**

(Fiskeløk)

Forekomst: Arten ble funnet på Huk i mai.

Tidligere funn: Denne arten er ikke funnet av Larsen (1995) på stasjonene tidligere.

**Figur 43.** Utbredelse av *Cystoclonium purpureum*.

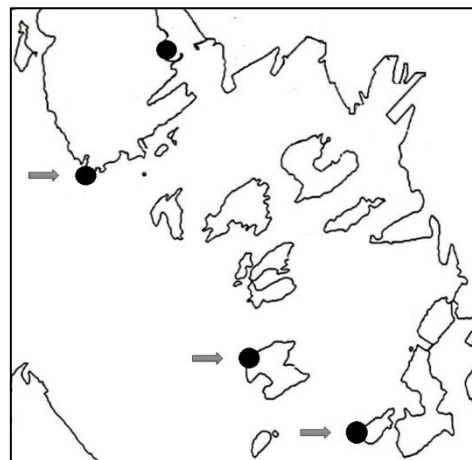
Familie: DUMONTIACEAE

***Dumontia contorta* (S.G.Gmelin) Ruprecht**

(Bendelsleipe)

Forekomst: Arten ble funnet på alle stasjonene i mai.

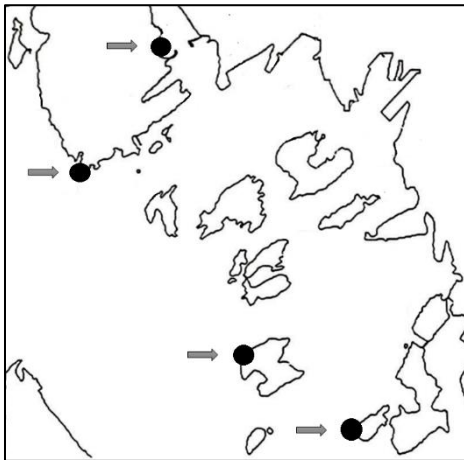
Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk og Malmøykalven i juni og på Nordre Langøy i september, april og juni.



**Figur 44.** Utbredelse av *Dumontia contorta*.



Familie: GIGARTINACEAE



***Chondrus crispus* Stackhouse**

(Krusflik)

Forekomst: Arten ble funnet på alle stasjonene i mai og august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på alle stasjonene i september og juni.

**Figur 45.** Utbredelse av *Chondrus crispus*.

Orden: GRACILARIALES

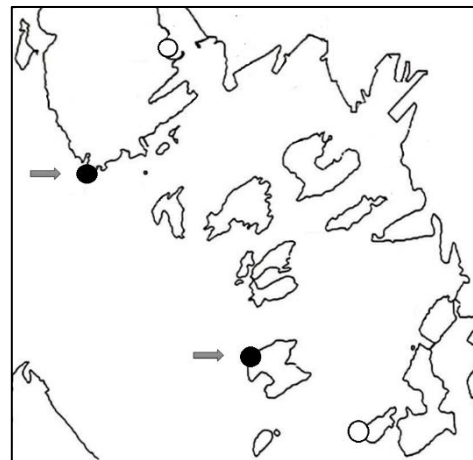
Familie: GRACILARIACEAE

***Ahnfeltia plicata* (Hudson) E.M.Fries**

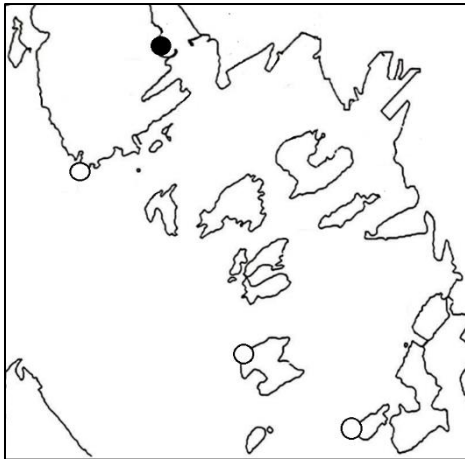
(Sjørís)

Forekomst: Arten ble funnet på Nordre Langøy i mai, og på Huk og Nordre Langøy i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk i mars og på Nordre Langøy i september.



**Figur 46.** Utbredelse av *Ahnfeltia plicata*.



***Gracilaria vermiculophylla* (Ohmi) Papenfuss**

(Japansk pollris)

Forekomst: Arten ble funnet i Dronninghavna i august.

Tidligere funn: Denne arten er ikke funnet av Larsen (1995) på stasjonene tidligere.

**Figur 47.** Utbredelse av *Gracilaria vermiculophylla*.

Orden: HILDENBRANDIALES

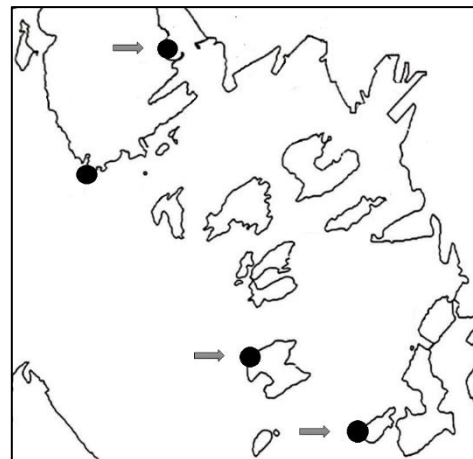
Familie: HILDENBRANDIACEAE

***Hildenbrandia rubra* (Sommerfelt) Meneghini**

(Fjæreblod)

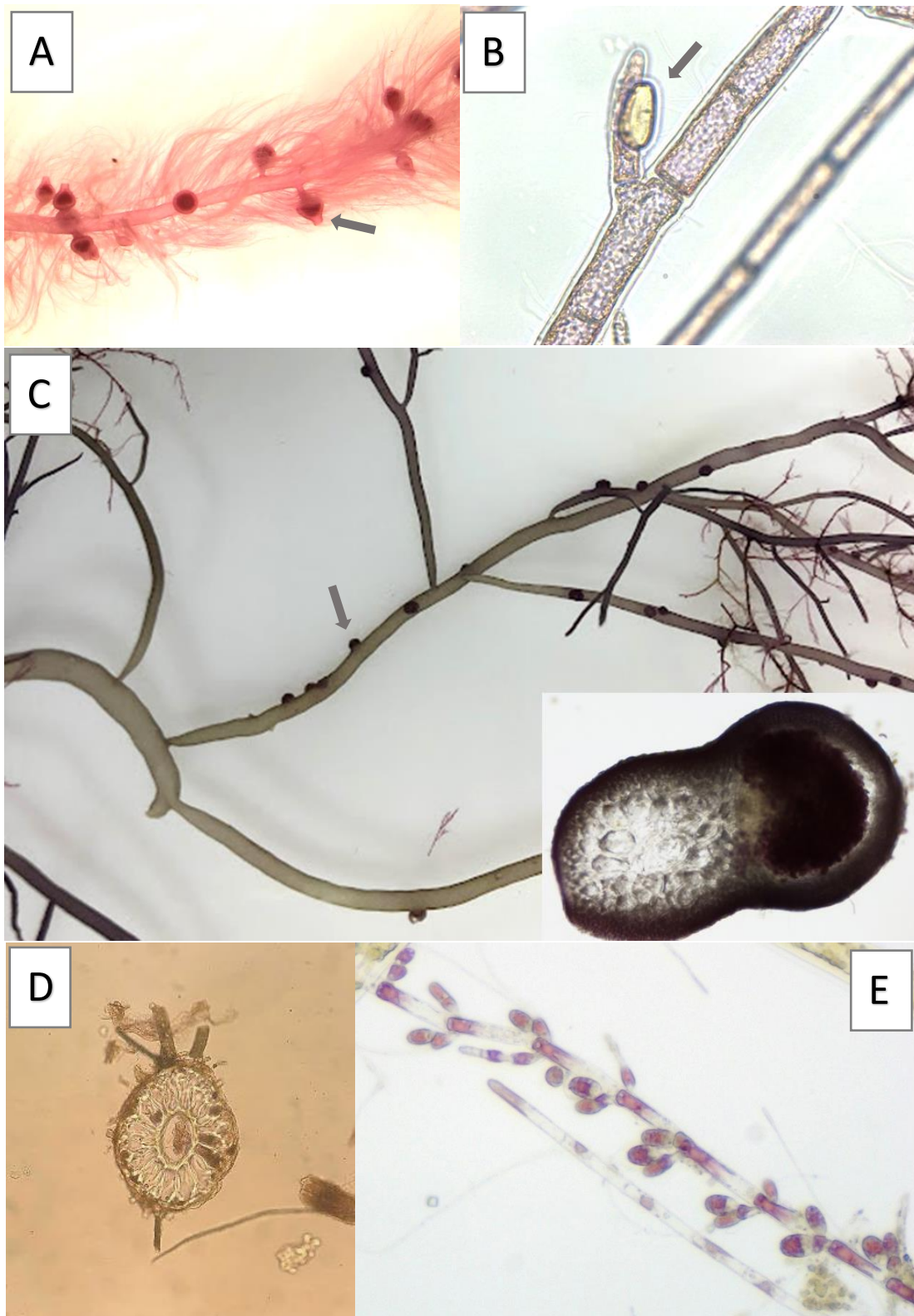
Forekomst: Arten ble funnet på Nordre Langøy i mai og på Huk, i Dronninghavna og på Malmøykalven i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk og Nordre Langøy i september og juni, og på Malmøykalven i juni.



**Figur 48.** Utbredelse av *Hildenbrandia rubra*.

BILDEREKKE 2



**Figur 49.** **A)** Strømgarn (*Dasya pedicellata*) med cystocarper (pil) funnet på Huk i august. **B)** Knippehavdun (*Antithamnion cruciatum*) med kjertelceller (pil) funnet i Dronninghavna i august. **C)** Fertil japansk pollris (*Gracilaria vermiculophylla*) med cystocarper (pil og forstørret bilde med tverrsnitt) funnet i Dronninghavna i august. **D)** Tverrsnitt av svartdokka (*Vertebrata fucoides*) som viser 14 periaksialceller, funnet på Nordre Langøy i mai. **E)** *Acrochaetium* sp. funnet på Huk i august som epifytt på *Cladophora* sp.

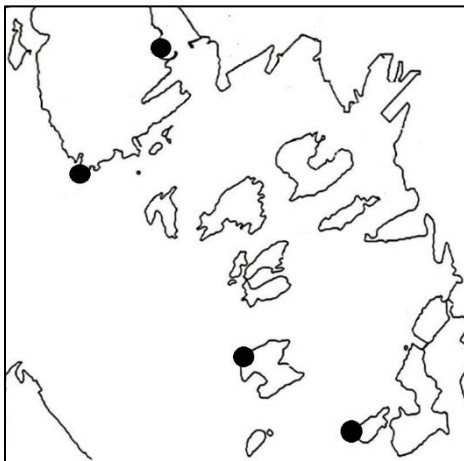
### 3.5.3. Chlorophyta

Rekke: CHLOROPHYTA

Klasse: ULVOPHYCEAE

Orden: ACROSIPHONIALES

Familie: ACROSIPHONIACEAE



#### ***Spongomorpha aeruginosa* (Linnaeus) Hoek**

(Liten grønndott)

Forekomst: Arten ble funnet på Huk, Nordre Langøy og Malmøykalven i mai, og i Dronninghavna og på Nordre Langøy i august.

Tidligere funn: Denne arten er ikke funnet av Larsen (1995) på stasjonene tidligere.

**Figur 50.** Utbredelse av *Spongomorpha aeruginosa*.

Orden: BRYOPSIDALES

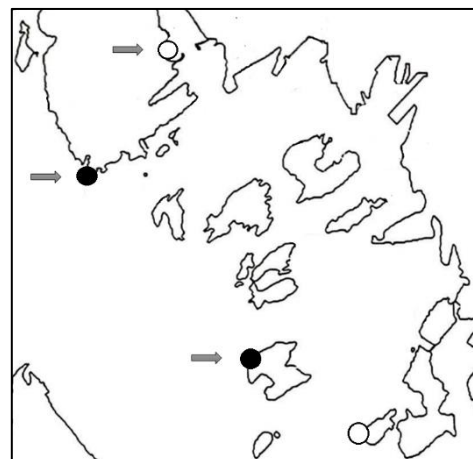
Familie: BRYOPSIDACEAE

#### ***Bryopsis hypnoides* J.V.Lamouroux**

(Grønncfjær)

Forekomst: Arten ble funnet på Huk og Nordre Langøy i mai.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk i juni og i Dronninghavna og på Nordre Langøy i september.



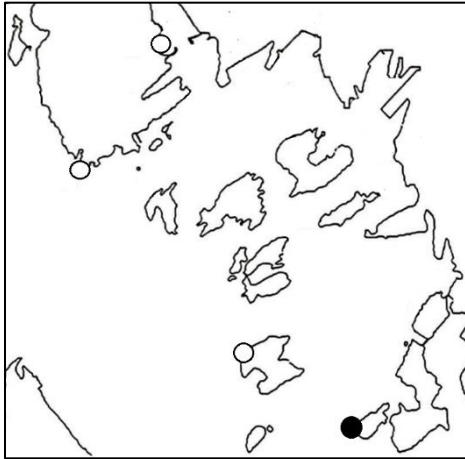
**Figur 51.** Utbredelse av *Bryopsis hypnoides*.

Orden: CLADOPHORALES

Familie: CLADOPHORACEAE

### ***Cladophora rupestris* (Linnaeus) Kützing**

(Vanlig grønnndusk)



Forekomst: Arten ble funnet på Malmøykalven i mai.

Tidligere funn: Larsen (1995) oppgir ikke å ha funnet arten, men skriver at han ofte fant mørkegrønne, «avstumpede» eksemplarer i fjæreplytter med toppceller over 80 µm, som kan minne om *Cladophora rupestris*.

**Figur 52.** Utbredelse av *Cladophora rupestris*.

### ***Cladophora* spp.**

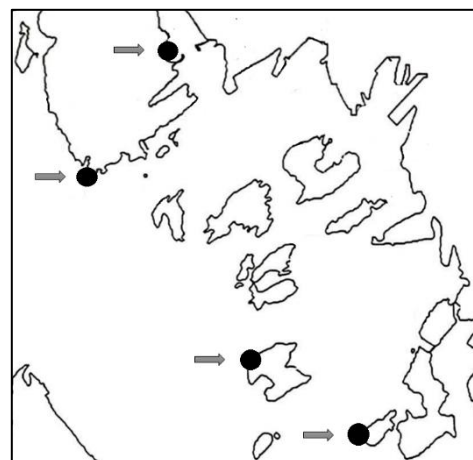
(Grønnnduskslekta)

Disse algene ble identifisert til familie og ikke til artsnivå pga. vanskeligheter med å skille artene.

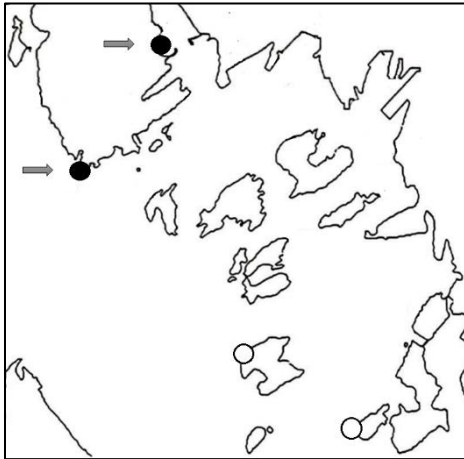
Forekomst: Algene ble funnet på Nordre Langøy i mai og på alle stasjonene i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant *Cladophora* sp. på Huk og i Dronninghavna i juni. *Cladophora* cf. *sericea* ble også funnet på Huk i september og juni, og på Nordre Langøy og Malmøya i juni, i tillegg til *Cladophora* cf. *albida* på Malmøya i juni.

Merknad: *Cladophora* cf. *rupestris* ble funnet på Malmøykalven i mai.



**Figur 53.** Utbredelse av *Cladophora* spp.



***Rhizoclonium riparium* (Roth) Harvey**

(Kryptråd)

Forekomst: Arten ble funnet i Dronninghavna i mai og på Huk og i Dronninghavna i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk i juni og i Dronninghavna i september og juni med det gamle navnet *Rhizoclonium tortuosum*.

**Figur 54.** Utbredelse av *Rhizoclonium riparium*.

Orden: ULOTRICHALES

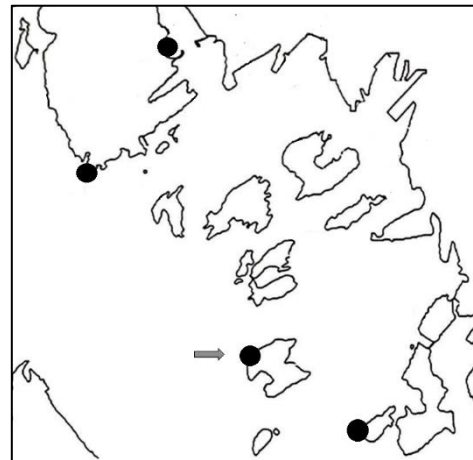
Familie: MONOSTROMATACEAE

***Monostroma grevillei* (Thuret) Wittrock**

(Vanlig grønnhinne)

Forekomst: Arten ble funnet i Dronninghavna, på Huk, Nordre Langøy og Malmøykalven i mai og i Dronninghavna i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Nordre Langøy i april.

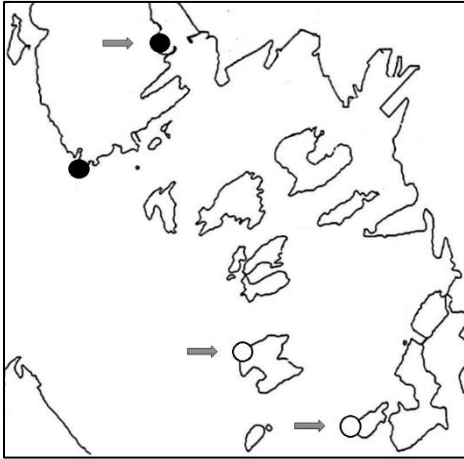


**Figur 55.** Utbredelse av *Monostroma grevillei*.

Familie: ULOTRICHACEAE

***Ulothrix* spp.**

(Grønnhår)



Disse algene ble identifisert til slekt og ikke til artsnivå pga. vanskeligheter med å skille artene.

Forekomst: Algene ble funnet på Huk og i Dronninghavna i mai.

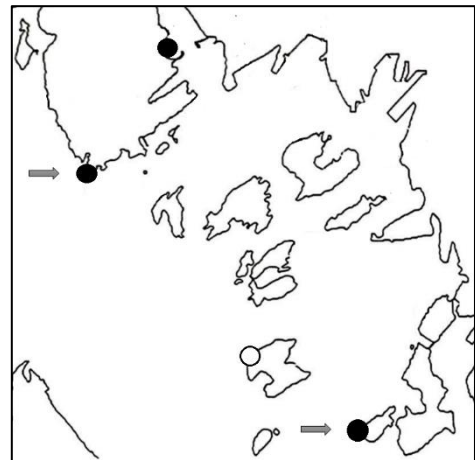
Tidligere funn: Larsen (1995) fant *Ulothrix* cf. *flacca* i Dronninghavna i september, og på Nordre Langøy og Malmøykalven i juni.

**Figur 56.** Utbredelse av *Ulothrix* spp.

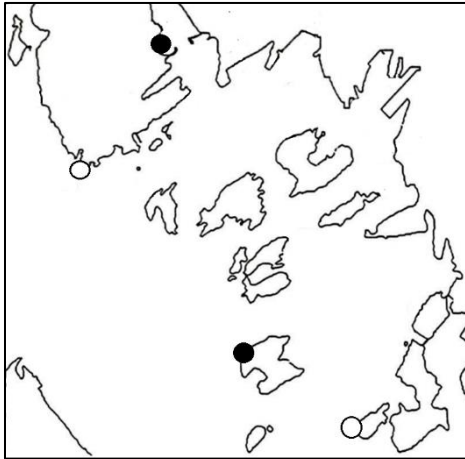
***Urospora penicilliformis* (Roth) Areschoug**

Forekomst: Arten ble funnet i Dronninghavna og Malmøykalven i mai og på Huk i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk i mars, og på Malmøykalven i juni.



**Figur 57.** Utbredelse av *Urospora penicilliformis*.



***Urospora wormskioldii* (Mertens) Rosenvinge**

Forekomst: Arten ble funnet på Nordre Langøy i mai og i Dronninghavna i august.

Tidligere funn: Denne arten er ikke funnet av Larsen (1995) på stasjonene tidligere

**Figur 58.** Utbredelse av *Urospora wormskioldii*.

Orden: ULVALES

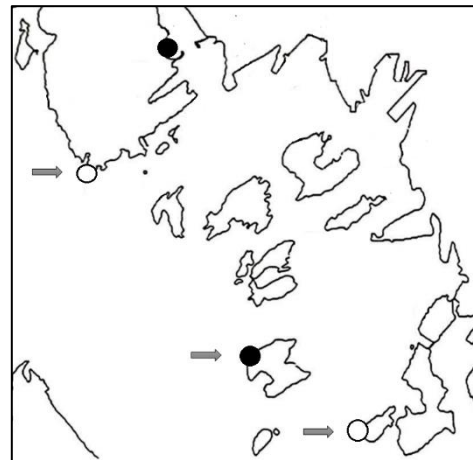
Familie: KORNMANNIACEAE

***Blidingia minima* (Nägeli ex Kützing) Kylin**

(Dvergtarmgrønske)

Forekomst: Arten ble funnet i Dronninghavna og på Nordre Langøy i mai og i Dronninghavna i august.

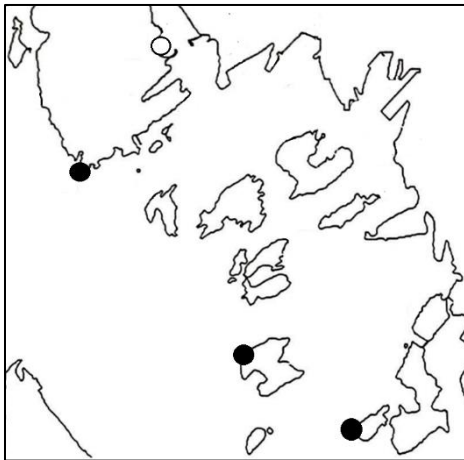
Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk og Malmøykalven i juni og på Nordre Langøy i september.



**Figur 59.** Utbredelse av *Blidingia minima*.



Familie: ULVACEAE



***Ulva clathrata* (Roth) C.Agardh**

(Buskgrønske)

Forekomst: Arten ble funnet på Huk, Nordre Langøy og Malmøykalven i august.

Tidligere funn: Denne arten er ikke funnet av Larsen (1995) på stasjonene tidligere.

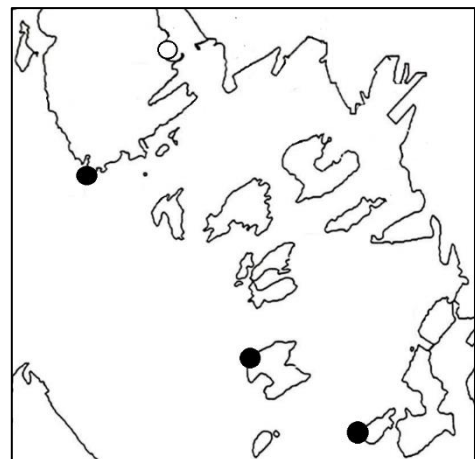
**Figur 60.** Utbredelse av *Ulva clathrata*.

***Ulva compressa* Linnaeus**

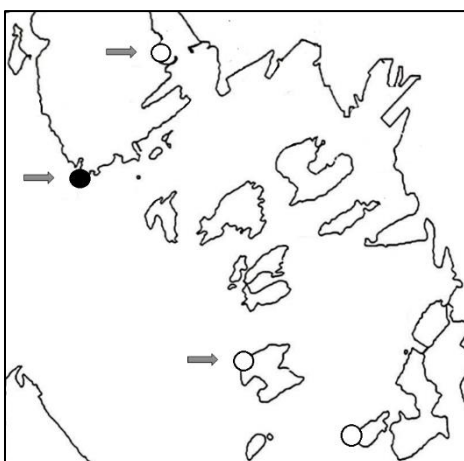
(Grenet tarmgrønske)

Forekomst: Arten ble funnet på Huk, Nordre Langøy og Malmøykalven i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) beskrev arten som et synonym av arten *Ulva intestinalis*.



**Figur 61.** Utbredelse av *Ulva compressa*.



***Ulva fenestrata* Postels & Ruprecht**

(Havsalat)

Forekomst: Arten ble funnet på Huk både i mai og i august.

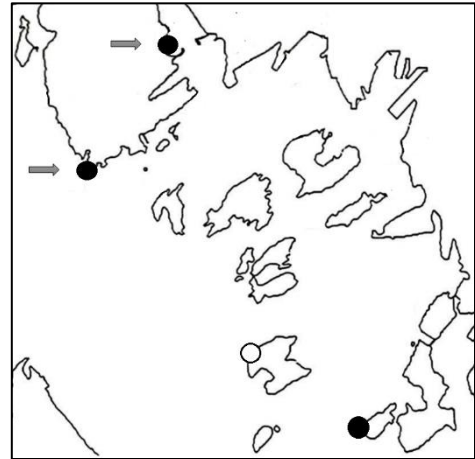
Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk, i Dronninghavna og på Nordre Langøy i september og juni, med synonym-navnet *Ulva lactuca*.

**Figur 62.** Utbredelse av *Ulva fenestrata*.

### ***Ulva flexuosa* Wulfen**

Forekomst: Arten ble funnet på Huk, i Dronninghavna og på Malmøykalven i august.

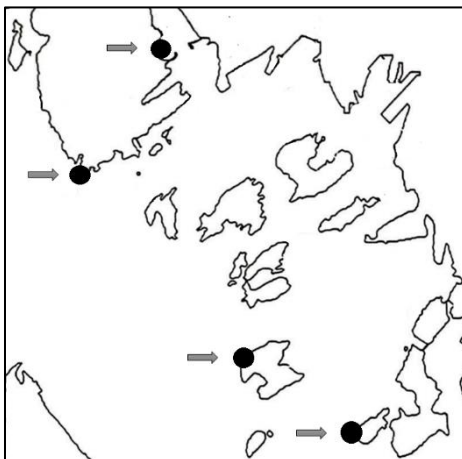
Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk i juni, og i Dronninghavna i september og juni med synonymnavnet *Enteromorpha flexuosa*.



**Figur 63.** Utbredelse av *Ulva flexuosa*.

### ***Ulva intestinalis* Linnaeus**

(Tarmgrønske)



Forekomst: Arten ble funnet på Huk i mai og på alle stasjonene i august.

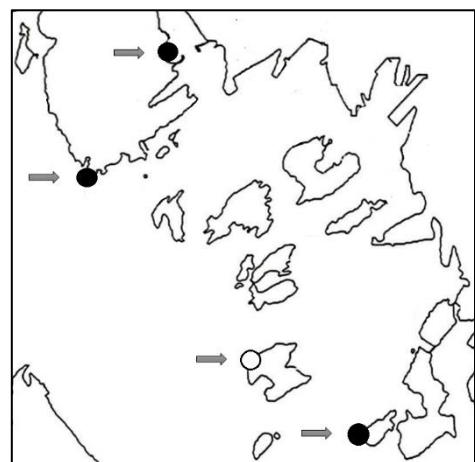
Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk og Nordre Langøy i september og juni, i Dronninghavna i september og på Malmøykalven i juni med synonymnavnet *Enteromorpha intestinalis*.

**Figur 64.** Utbredelse av *Ulva intestinalis*.

### ***Ulva prolifera* O.F.Müller**

Forekomst: Arten ble funnet på Huk, i Dronninghavna og på Malmøykalven i august.

Tidligere funn: Larsen (1995) fant arten på Huk, i Dronninghavna og på Malmøykalven i juni, og på Nordre Langøy i september med synonymnavnet *Enteromorpha prolifera*.



**Figur 65.** Utbredelse av *Ulva prolifera*.

### BILDEREKKE 3

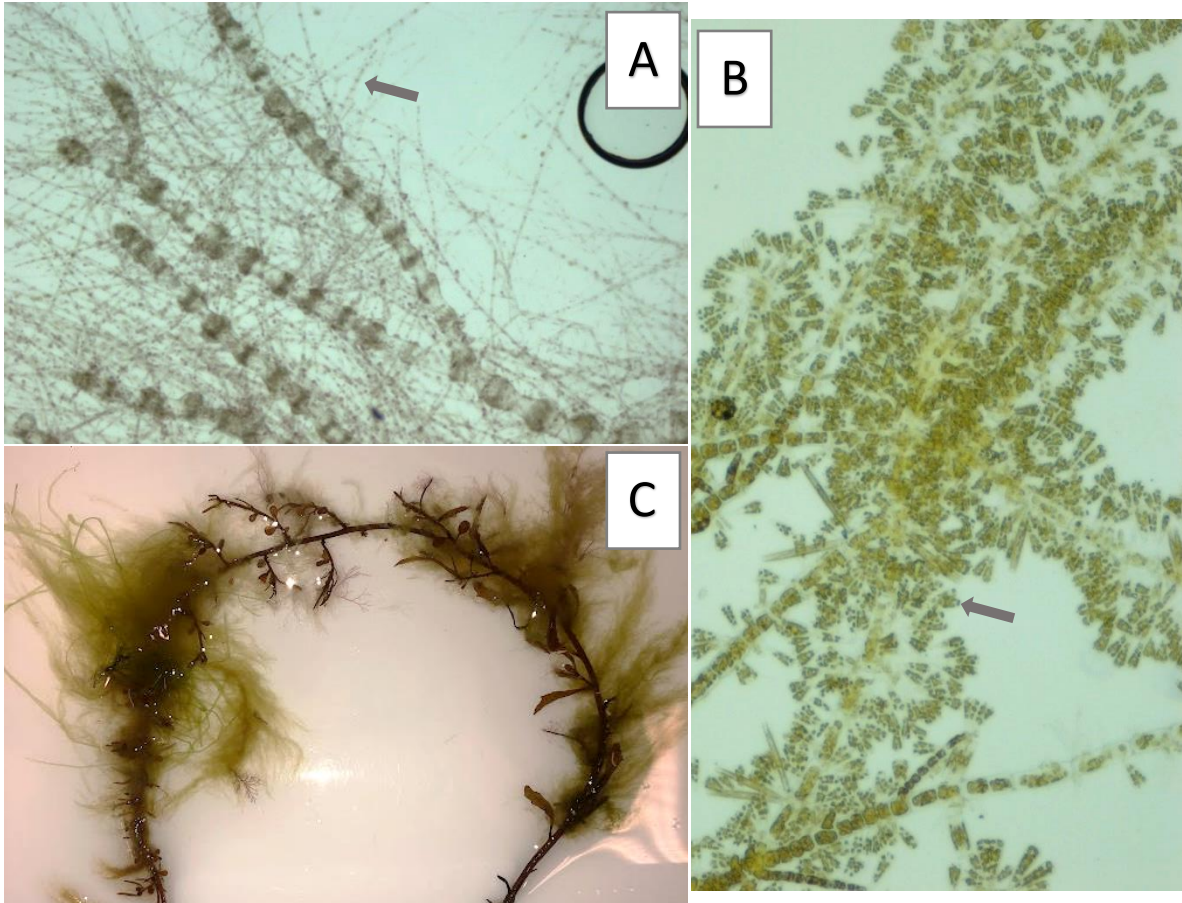


**Figur 66. A)** *Ulva flexuosa* med 2-3 pyrenoider i hver celle (piler), farget med jod, funnet i Dronninghavna i august. Bilde tatt i mikroskop med forstørrelse. **B)** *Urospora wormskioldii* funnet i Dronninghavna i august. **C)** Tverrsnitt av Havsalat (*Ulva fenestrata*), som viser to cellelag tykkelse. Funnet på Huk i august. **D)** Grønnfjær (*Bryopsis hypnoides*) funnet på Malmøykalven i mai. **E)** *Cladophora* sp. funnet på Huk i august.

### 3.6. Epifytter

Det var variasjon i både hvilke og mengde epifytter som var på stasjonene. Dette varierte med årstid. I mai var det mye kiselalger (figur 67B), mens i august var det mye røde epifytter (figur 67A) som rød stjernetråd (*Erythrotrichia carnea*) og *Acrochaetium* sp. I tillegg var det mange andre alger som ofte vokste epifyttisk både på vår og høst, som *Ectocarpus* sp., perlesli (*Pylaiella littoralis*), *Ceramium*-artene og *Polysiphonia*-artene, i tillegg til grønnalger som for eksempel *Ulva*-artene og liten grønndott (*Spongomorpha aeruginosa*). Artene vokste ofte på større alger som tangartene (Fucus-slekten) og japansk drivtang (figur 67C).

BILDEREKKE 4:

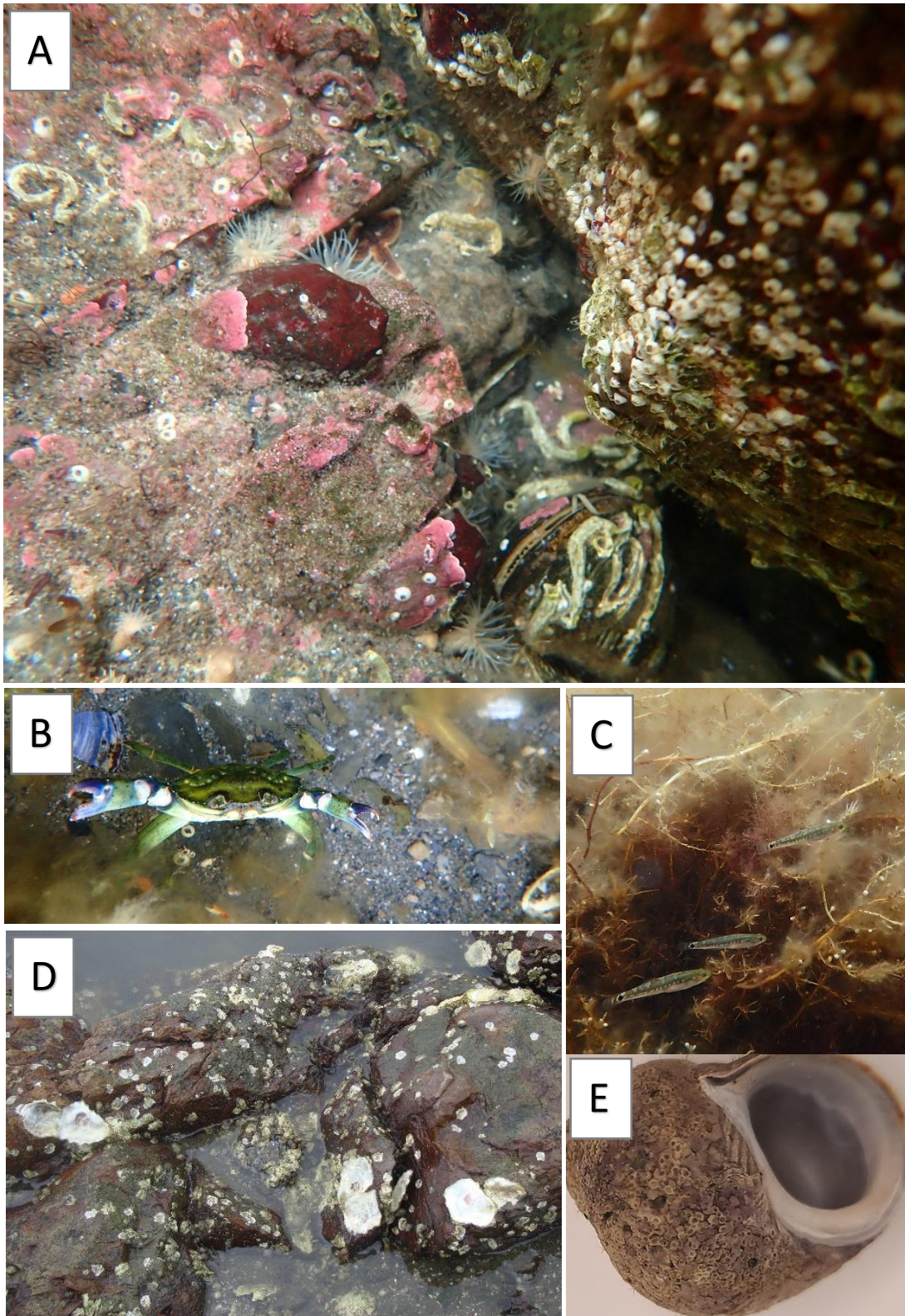


**Figur 67. A)** Tynn rekeklo (*Ceramium tenuicorne*) med epifytter av *Acrochaetium sp.*(pil) funnet på Huk i august. **B)** Perlesli (*Pylaiella littoralis*) med epifytter av kiselalger (pil) funnet på Huk i mai. **C)** Japansk drivtang (*Sargassum muticum*) med epifytter funnet på Huk i august.

### 3.7. Dyr

På alle stasjonene ble det observert store mengder av arten stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*). I Dronninghavna var det spesielt mye, både tette populasjoner og unge individer (figur 68D). Dette ble observert både høst og vår. En annen type bivalv, blåskjell (*Mytilus edulis*) ble også observert, men ikke i store mengder slik som Larsen (1995) beskriver i sin undersøkelse. I tillegg var det mye av de to rurene brakkvannsrur (*Amphibalanus improvisus*) og fjærerur (*Semibalanus balanoides*) på alle stasjonene, og mengder av nyslåtte rur ble spesielt observert på Huk. De to sneglene, storstrandsnegl (*Littorina littorea*) og steinstrandsnegl (*Littorea saxatilis*) ble også funnet, samt tomme sneglehus som ofte var dekket av kalkalger (figur 68E). Ellers ble andre dyr som fisk, sekkedyr, flerbørstemark, krabber og reker med mer observert.

BILDEREKKE 5:



**Figur 68 . A)** Rur, trekantmark, kalkalger, sjøanemoner og sjøstjerne funnet på Huk i august . **B)** Krabbe funnet på Nordre Langøy i august. **C)** Tangkutling (*Gobiusculus flavescens*) funnet på Nordre Langøy i august. **D)** Østers og rur funnet i Dronninghavna i mai. **E)** Snegl med kalkalger funnet på Malmøykalven i august.

## 4. Diskusjon

Undersøkelsen vil diskuteres med utgangspunkt i problemstillingen:

*«Hvordan har bentosalgevegetasjonen i Indre Oslofjord endret seg siden Larsens (1995) undersøkelser, og hva er årsaken til eventuelle endringer?».*

Endringene vil kort oppsummeres, så diskuteres i lys av eutrofieringssituasjonen og med andre abiotiske og biotiske faktorer for å finne årsaken til endringene. Til slutt vil usikkerheter med undersøkelsen diskuteres.

### 4.1. Endringer i algevegetasjonen

Resultatene fra analysene viser begge at det er forskjell mellom stasjonene i 1993/94 og 2021. Dette underbygges av lav stress- og P-verdi, og Bootstrap-verdien på 100%. Figurene 10 og 11 viser altså at det har skjedd endringer over tid på de fire stasjonene.

Det var liten forskjell mellom antall arter i de to undersøkelsene. Larsen (1995) registrerte 53 arter i sin undersøkelse, mens det ble registrert 51 arter i denne studien. Det var likevel endringer i artssammensetningen. 38 arter var like, mens 12 arter var fraværende, og 13 arter var kommet til siden 1993/94. Ut over dette var fordelingen på de tre gruppene rød-, brun- og grønnalgene fortsatt ganske lik, men med noen små endringer. I begge undersøkelsene ble totalt fire av de fem vanligste tangartene registrert, mens antallet varierte noe innad i stasjonen.

### 4.2. Årsaker til endringene

Endringene i algevegetasjonen fra 1993/94 kan forklares av både biotiske og abiotiske faktorer (se biologiske og hydrografiske forhold i innledningen). Ettersom større deler av denne oppgaven er knyttet eutrofieringssituasjonen i Indre Oslofjord vil også faktoren ha en større del i diskusjonen, men andre forklaringer på endringene i algevegetasjonen vil også diskuteres. Nedenfor følger en vurdering av de ulike faktorene.



#### 4.2.1. Eutrofiering

Som nevnt innledningsvis er effektene av eutrofiering blant annet endret artsantall, artssammensetning og økt nedre voksegrense (Fredriksen og Rueness, 1990). Endringer i tangsamfunnet er også koblet økt eutrofiering (Bokn et al., 1992; Thaulow og Faafeng, 2014). I denne studien er ikke nedre voksegrense undersøkt, og vil ikke diskuteres videre. De resterende tre aspektene vil brukes videre for å diskutere om en endret eutrofieringssituasjon kan være årsaken til forandringene i algevegetasjonen fra 2021 i forhold til 1993/94.

#### **Utslipp**

Larsen (1995) utførte sine undersøkelser i både 1993 og 1994, og utslippene fra de to årene var nokså forskjellige (figur 1 og 2). Det er derfor ikke enkelt å direkte sammenligne utslipp fra hans undersøkelsesår og 2021. Data fra 2021 er heller ikke publisert ennå, slik at det er mer gunstig å se på trender fra 1993 mot 2020. Trenden ser ut til å være noe nedgang i de to næringssaltene, men som nevnt viste ikke figurene hele bildet da overløp fra ledningsnett ikke var inkludert (Guerrero og Sample, 2022). Utslipp fra overløp varierer fra år til år, men økte mengder nedbør vil gi større utslipp (Lindholm, 2011). Som nevnt er nedbøren generelt blitt kraftigere og hyppigere med årene (Thaulow og Faafeng, 2014; Albretsen, 2019; FNs klimapanel, 2021). I juni 2021 var det utslipp fra regnoverløp i Lysakerfjorden og Bislettbekken, men VEAS (2021) regnet dette som små utslipp. Det var også større utslipp i fjorden i mai grunnet kortslutning og strømbrudd i anlegget (VEAS, 2021). Utslipp fra overløp kommer også ut i Bekkelagsbassenget og Bunnefjorden (tilknyttet henholdsvis Bekkelaget og Nordre Follo renseanlegg). Disse utslippsmengdene er noe mindre grunnet mindre renseanlegg enn VEAS (Røysted et al., 2018).

Nedbørsmengden i 1993/94 og 2021 var ikke spesielt forskjellige (Yr.no, u.å), men med økt befolkningsvekst og flere klosetter vil jeg anta at mengden utslipp fra overløp blir større likevel. På en annen side er renseanleggene stadig i renovering for å tilpasse seg den økende befolkningen (Baalsrud og Magnusson, 2002; Røysted et al., 2018).

## Artsantall

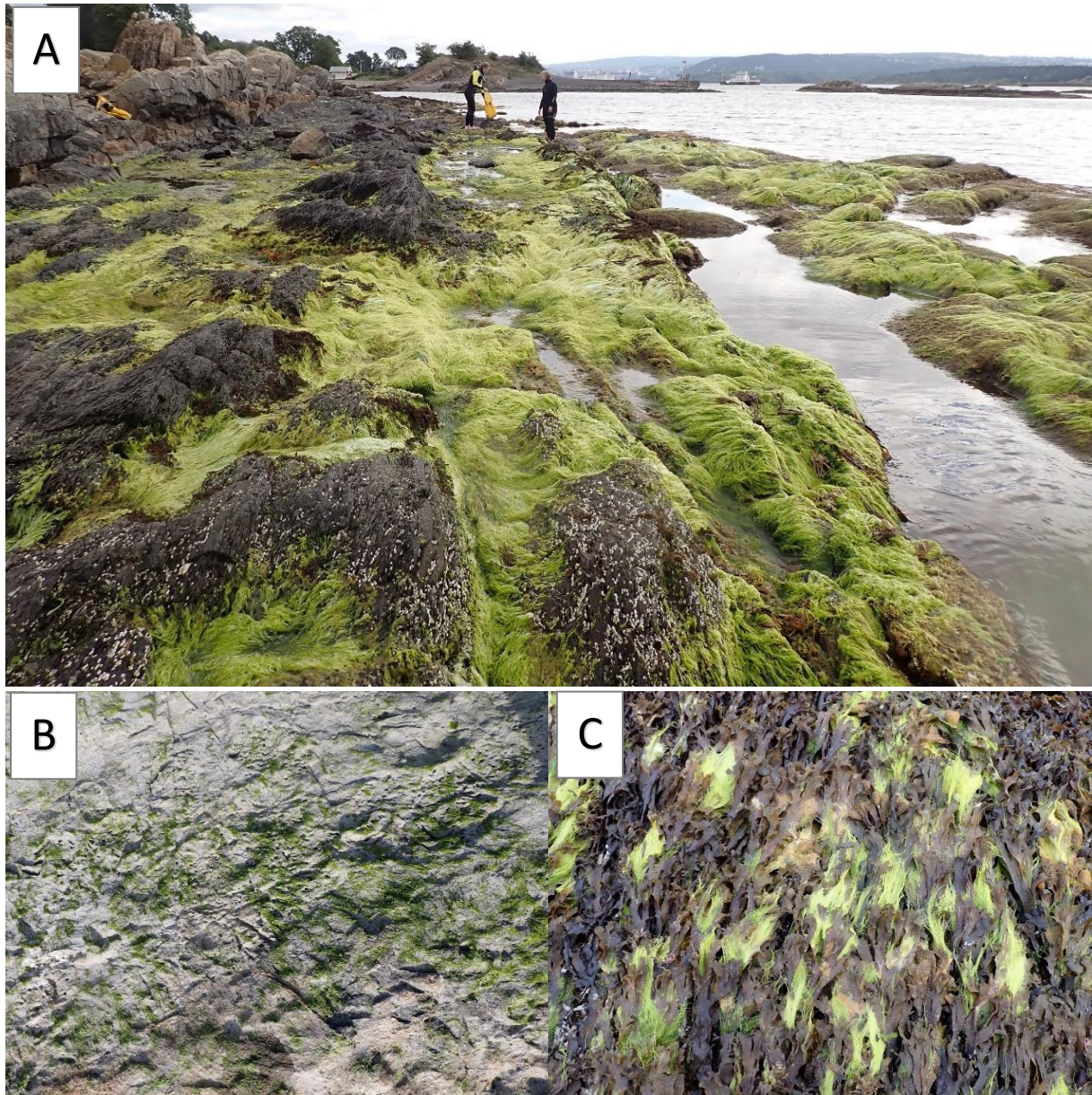
Antall observerte arter hadde som nevnt minket med kun to arter fra 1993/94 til 2021, men varierte innad i stasjonene. De største endringene i totalt artsantall på stasjonene var på Huk og Malmøykalven, der antallet hadde økt med henholdsvis seks og elleve arter. Endringen på Malmøykalven kan muligens skyldes at Larsen (1995) ikke besøkte stasjonen på våren. Dronninghavna som han heller ikke besøkte på våren hadde derimot uendret artsantall. På Nordre Langøy hadde antallet sunket med to arter. Sammenlignet med endringen fra 1967 (Klavestad) til 1993/94 (Larsen) på rundt 20-30 arter, er endringene i denne studien ikke betydelige. Dette aspektet tyder dermed ikke på økt eutrofiering.

## Artssammensetning

Artssammensetningen har endret seg en del siden 1993/94. Blant de 13 artene som hadde kommet til siden Larsens (1995) undersøkelser var flere av dem fremmede arter som strømgarn, japansk drivtang og japansk pollris (*Gracilaria vermiculophylla*) og en del lurv. Forholdet mellom de tre algegruppene rød-, brun- og grønnalger (figur 8), hadde endret seg noe siden Larsens (1995) undersøkelser. Nedgangen i grønnalgearter kan tyde på noe forbedret eutrofisituasjon, men denne undersøkelsen tar ikke for seg mengde eller biomasse. Hadde dette vært med kunne forholdene mellom de tre gruppene sett annerledes ut. På Huk var det store mengder grønnalger (se figur 69A). Dette var muligens kun én eller flere arter av *Ulva*-slekten, som favoriseres ved eutrofiering (Sundene 1953; Klavestad, 1978). Dette kan tyde på en forverring på denne stasjonen. Huk ligger i Lysakerfjorden der utslipp fra overløp kommer ut (VEAS, 2021), så dette kan være en grunn til de store mengdene på stasjonen. Det var ikke like store mengder grønnalger på Nordre Langøy, men i Dronninghavna og på Malmøykalven var det en del (figur 69B og C). Dette kan tyde på økt eutrofiering på stasjonene.

Økt mengde epifytter og lurv er også effekter av eutrofiering (Grenager, 1957). Epifyttene Larsen (1995) fant var mange av de samme som i denne studien, kiselalger på våren og små rødalger på høsten, i tillegg til andre arter som blant annet perlesli (*Pylaiella littoralis*) og *Ulva* spp. Larsen (1995) hevdet at mengden epifytter hadde gått ned siden Grenager (1957) og Klavestads (1967) undersøkelser. Mine inntrykk av vegetasjonen på stasjonene i 2021 var

at det var mye epifytter og særlig store lurvematter. Larsen (1995) nevner ingen lurvematter og det kan dermed se ut som epifytt og lurvemengden har økt siden 1993/94. Lurvealger diskuteres nærmere under biotiske faktorer.



**Figur 69.** **A)** Grønnalger (trolig *Ulva* sp.) i fjæresonen på Huk i august. **B)** Grønnalger i sølen i Dronninghavna i august. **C)** Grønnalger i tangbeltet på Malmøykalven i august.

## **Tangartene**

Tangartenes utbredelse hadde endret seg noe på de fire stasjonene siden 1993/94 (tabell 5). Endringene som har skjedd siden 1993/94 er økt utbredelse av sagtang og blæretang til Dronninghavna og Nordre Langøy, mens spiraltangen har trukket vekk fra disse stasjonene. Det er usikkert om tilbaketrekingen kan skyldes eutrofiering, men Lein (1976) hevdet at arten ikke så ut til å begrenses av forurensning. Stasjonene i Dronninghavna og på Nordre Langøy hadde begge mykere substrat som mudder (Dronninghavna) og sandstrand (Nordre Langøy), og det var generelt mindre tang der. Tangartene har større vanskeligheter for å etablere seg på slikt substrat enn på hardbunn, og det kan være en mulig grunn til fravær av spiraltangen (Lein, 1976). Ettersom den tidligere har vært på stasjonene er det muligens ikke hele årsaken. Det kan også være interessant å undersøke om vannstand kan ha påvirket spiraltangen ettersom den vokser i øvre del av litoralsonen (Nielsen og Lundsteen, 2019b). Dette vil diskuteres videre under «vannstand».

NIVA (Staalstrøm et al., 2021) fant spiraltang på Nordre Langøy og nær Dronninghavna i sine nyeste undersøkelser. Dette kan tilsi at spiraltang er blitt oversett i denne undersøkelsen, eventuelt at det finnes spiraltang andre plasser enn mitt undersøkelsesområde på Nordre Langøy og nær Dronninghavna. Spiraltangen ble ikke funnet lengre inn i havna i Frognerkilen, der vokste det kun gjelvtang. Gjelvtangen hadde likevel noe nedgang i 2020 (Staalstrøm et al., 2021). Sagtang ble derimot ikke funnet av NIVA nær stasjoner i Dronninghavna, heller ikke av Grenager (1957), Klavestad (1967) eller Larsen (1995). Muligens kan sagtangen ha spredt seg innover i havna siden Larsens (1995) undersøkelser og etablert små populasjoner som NIVA ikke fant. Med tanke på inntrykket av stasjonen, som var svært gjørmete med få synlige arter, kan det også være at sagtangen har kommet flytende inn med båter og blitt registrert ved en feiltagelse. Arten ble tross alt bare funnet i Dronninghavna i mai (se resultater).

## **Filterernærende organismer**

Som nevnt innledningsvis kan mengden filterernærende organismer øke med økende eutrofiering (Frigstad et al., 2018), og undersøkelser av NIVA (Staalstrøm et al., 2021) viser at denne dyregruppen har økt siden 1974. I denne undersøkelsen ble det funnet en del

stillehavsøsters og rur på alle stasjonene. Stillehavsøstersen var ikke utbredt i Norge da Larsen (1995) gjorde sine undersøkelser, og antallet av østersen økte for alvor på midten av 2000-tallet (Norling og Jelmert, 2014). Larsen (1995) beskrev derimot blåskjell som dominerte stasjonene. Blåskjellmatter var også noe Grenager (1957) og Klavestad (1967) viste til. Jeg observerte ingen blåskjellmatter på noen av stasjonene og generelt få blåskjell, og det kan se ut som mengden blåskjell har blitt redusert, selv om filtrerende dyr generelt har økt. Blåskjell diskuteres nærmere under «konkurranse om substrat».

#### 4.2.2. Andre abiotiske faktorer

##### **Eksposering**

Eksposering er en av de viktigste faktorene som påvirker algevegetasjonen (Sundene, 1953; Kingsbury, 1962; Lein, 1976; Rueness, 1977; Klavestad, 1978). For å se på endringer i algevegetasjonen fra 1993/94 er likevel ikke fetch viktig ettersom lengden vinden kan blåse på stasjonene ikke har endret seg. Båttrafikken i den indre delen av fjorden kan derimot ha endret seg, og påvirket bølgeeksponeringen (Kroglund et al., 2017). Med data fra Oslo havn som loggfører godstrafikken i havneområdene, forklarer Kroglund et al., (2017) at skipstrafikken har gått ned siden 1998, men at skipene (både transportskip og fritidsbåter) har økt i størrelse og dermed lager større bølger. Data fra 2017-2019 viser den samme trenden (Omland et al., 2022). Blant stasjonene er det også ulik mengde båttrafikk, med mest på Huk (Oslofjorden.com, 2022). Trendene tilsier altså større skip og økt bølgeeksponering, og med økt eksponering hevder Klavestad (1978) at artsantallet øker. Jeg har tidligere konkludert med at artsantallet ikke har endret seg betydelig, men den lille økningen på Huk kan muligens være påvirket av økt bølgeeksponering fra båttrafikk. Den økte båtstørrelse-trenden endret seg derimot i 2020 og 2021 da både mengden og størrelsen på skipene i havna minket grunnet koronasituasjonen (Omland et al., 2022). Dette tilsier at bølgeeksponeringen ble mindre disse årene. Dette korrelerer også med at det heller ikke ble funnet slitaskader på tangartene. Det ser dermed ut til at bølgeeksponering ikke har en særlig stor påvirkning på de små endringene fra 1993/94 til 2021. Kroglund et al., (2017) konkluderer også med at skipstrafikk ikke er en viktig faktor for endringer i tangsamfunnet.

Bølgeeksponering kan derimot være med på å forklare antall arter på de ulike stasjonene. Klavestads (1978) påstand ser ut til å korrelere med mine undersøkelser. Den mest beskyttende stasjonen, Dronninghavna (tabell 1), har færrest antall arter (tabell 4). Huk, den nest mest eksponerte stasjonen (tabell 1), men med størst båttrafikk (dermed muligens størst bølgeeksponering), har flest arter (tabell 4).

## Temperatur

Som nevnt har havtemperaturene i Oslofjorden steget de siste årene (Albretsen, 2019). Økt temperatur kan endre artssammensetningen (Husa, 2007), og i denne studien har sammensetningen blant annet endret seg ved økt mengde lurv og flere fremmede arter. Lurvealger trives godt med høyere temperatur (Filbee-Dexter og Wernberg, 2018), og etablering av sørlige fremmede arter vil skje hurtigere med økt temperatur (Norling og Jelmert, 2014). I tillegg fant Larsen (1995) sukkertare (*Saccharina latissima*) under sine undersøkelser, mens arten ikke ble funnet i denne studien. Arten er sensitiv for høy temperatur, og dette kan være en mulig grunn til bortgangen (Husa, 2007; Moy og Christie, 2012; Smale, 2019). Temperatur kan dermed være en faktor som har vært med på å endre artssammensetningen.

På grunn av varierende temperatur kan vegetasjonen også variere noe fra år til år (Lein, 1976), og Klavestad (1978) beskriver spesielt økende mengder grønnalger ved høyere temperatur. Larsen (1995) målte ikke havtemperaturer i sin undersøkelse, og henviste kun til lufttemperatur, der han forklarte at 1993 var noe under normalen. Det ble målt havtemperaturer i denne undersøkelsen (tabell 2), men det er problematisk å sammenligne lufttemperaturer med vanntemperaturer, ettersom temperaturen i luft endrer seg mye fortere enn i havet (Rueness, 1977). Data fra Yr.no, (u.å) viser at lufttemperaturen fra 2021 var ganske normal, men med noe kald vinter. Det kunne tenkes at temperaturen kunne ha medvirket til den store mengden grønnalger på Huk i 2021, men ettersom det ikke så ut til å være spesielt varmt verken i lufttemperatur eller havtemperatur er dette trolig ikke årsaken.

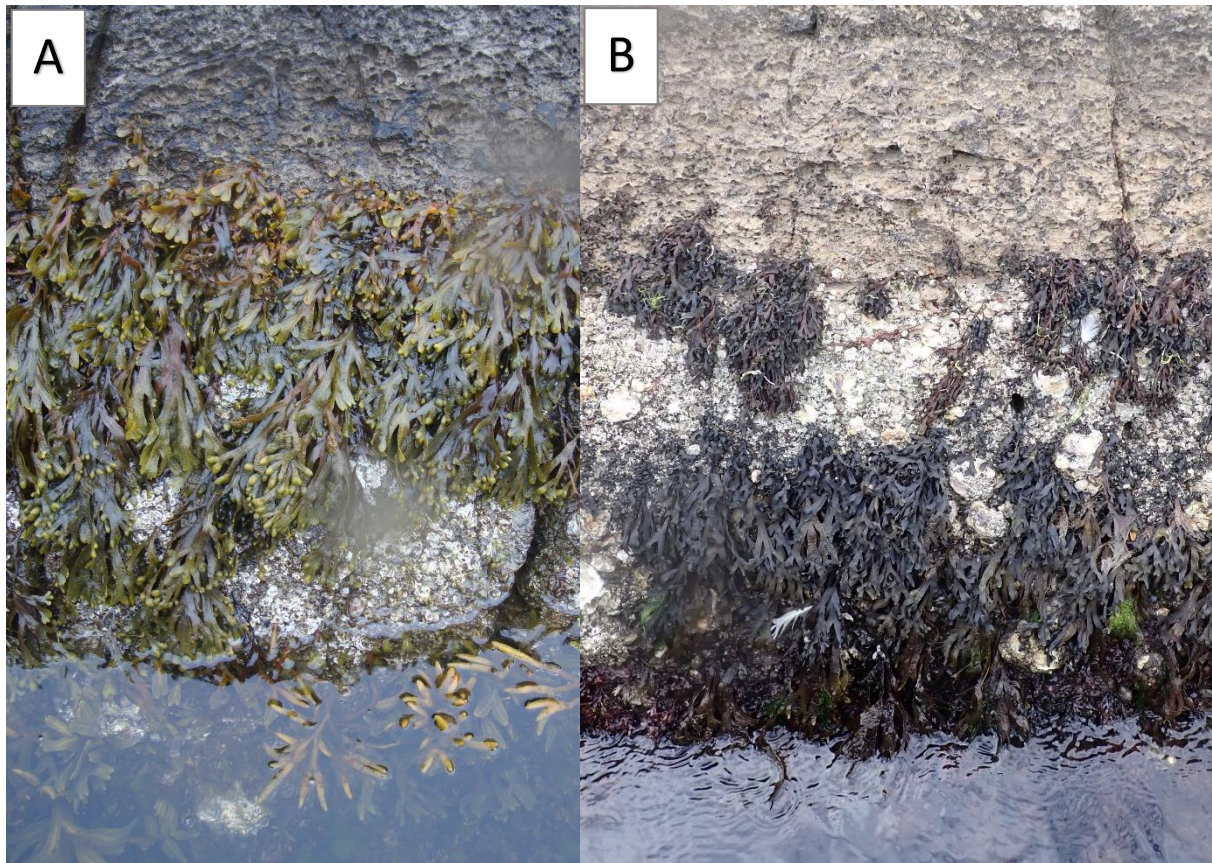
## Salinitet

Undersøkelser av blant annet Sundene (1953), Grenager (1957) og Klavestad (1978) viser til at saliniteten i Indre Oslofjord har liten effekt på algenes utbredelse. Dette er fordi tilførselen av ferskvann i Oslofjorden er liten, og saliniteten derfor jevnt over er ganske lik. Med kraftigere og hyppigere nedbør og mildere vintre (Thaulow og Faafeng, 2014; Albretsen, 2019) er det grunn til å tro at ferskvannstilførselen øker. Det er derfor mulig at salinitetens effekt i Indre Oslofjord kan være i endring. Saliniteten i Dronninghavna var for eksempel nokså lav på våren (tabell 2), som kan være på grunn av ferskvann fra Frognereelven og mye nedbør denne måneden (Yr.no, u.å) som danner et øvre ferskvannslag. Om det er tilfelle at saliniteten i fjorden blir lavere, kan det påvirke de stenohaline artene negativt (Rueness, 1977), og det kan bli færre arter (Moy og Walday, 1996). Artsantallet hadde likevel ikke endret seg mye siden 1993/94, og saliniteten på de andre stasjonene var ikke spesielt lave. Sundene (1953) hevder at nedbør ikke påvirker saliniteten mye ettersom ferskvannet oftest mikses inn i det salte vannet. Derfor har saliniteten trolig lite effekt på algevegetasjonen i fjorden. Det er mer sannsynlig at nedbør og elver heller gir lokale effekter (Sundene, 1953), der Dronninghavna kan være et eksempel.

## Vannstand og tørke

Vannstanden endrer seg som nevnt ikke veldig mye i Oslofjorden (Baalsrud og Magnusson, 2002). Det kan likevel være langvarige lave vannstandsperioder som kan skade vegetasjonen, spesielt på beskyttede områder (Lein, 1976). Vannstanden fra 2021 så ut til å være en del lavere enn vannstanden fra 1993 og 94 (Kartverket.no, u.å). Spesielt i august ble tørkeskader på tangbeltet observert på flere stasjoner (figur 70B sammenlignet med 70A). Spiraltangen er spesielt utsatt ettersom den vokser øverst i litoralsonen. Selv om arten tåler periodevis tørke (Nielsen og Lundsteen, 2019b) er den avhengig av noe eksponering for å ikke tørke helt ut (Lein, 1976). I 1975 ble spiraltangen borte fra flere lokaliteter etter langvarige tørkeperioder (Bokn, personlig kommunikasjon referert i Lein, 1976), og som nevnt tidligere var spiraltangen borte fra to av mine stasjoner. Spiraltangen kan dermed ha tørket ut og forsvunnet fra de to stasjonene. Ettersom arter er mer utsatt for tørke ved beskyttede områder, er dette en mer sannsynlig årsak i Dronninghavna enn på Nordre

Langøy. Spiraltangen er funnet på mindre eksponerte områder enn Nordre Langøy, slik at uttørking antageligvis ikke er forklaringen på fraværet på denne stasjonen, men kan som nevnt tidligere heller skyldes substratmangel.



**Figur 70.** A) Fuktig tangbelte med ulike tangarter på Huk i mai med noe flekkvise områder med rur. B) Tørt tangbelte på samme område som figur 70A, på Huk i august med flekkvise områder med rur og østers.

## Isskuring

Driv-is har spesielt påvirkning på de øvre tangartene, spiraltang og blæretang og kan ha effekt på øverste del av sagtangen (Sundene, 1953). Isskuringens effekt er oftest lokal (Sundene, 1953), så fravær av arter på større områder skyldes neppe skuringen (Lein, 1976). Sundene (1953) viste til belter med grønnalger (som *Urospora* og *Ulothrix*) mellom tangbeltene, og forklarte dette med isskuring av tangartene, der de hurtigvoksende grønnalgene har overtatt plassen. Larsen (1995) viste også til flekkvis vegetasjon av de samme grønnalgene, og fravær av spiraltang på én stasjon (ikke i mitt undersøkelsesområde) som han koblet til isskuring. Som nevnt tidligere hadde blæretang og sagtang spredt seg til Dronninghavna og Nordre Langøy siden Larsens (1995) undersøkelser, og en mulig forklaring



på blæretangens fravær i Larsens (1995) studie kan ha vært isskuring. Fraværet av sagtangen er sannsynligvis ikke grunnet skuringen ettersom den vokser lengre ned. I undersøkelsen fra 2021 ble det observert lite av grønnalgebeltene beskrevet av Sundene (1953) og Larsen (1995), men spiraltangen var som nevnt fraværende fra to stasjoner. Det kunne tenkes at dette skyldes isskuring, men vinteren 2021 hadde lite is (registreringer av S. Holm, skipsfører på forskningsfartøyet Trygve Braarud, personlig kommunikasjon, 2. mai, 2022) som trolig hadde lite skureeffekt på vegetasjonen. Isskuring hadde derfor sannsynligvis ingen effekt på den observerte algevegetasjonen i 2021.

### **Miljøgifter**

Larsen (1995) konkluderte med at mindre utslipp av veksthemmende miljøgifter kunne være en av årsakene til bedringen i Indre Oslofjord. Som tidligere nevnt er PAH-forbindelser, tungmetaller og TBT noen av de vanligste miljøgiftene i Oslofjorden (Dolven og Alve, 2018; Tjønneland og Slinde, 2021). PAH-forbindelser tilhører gruppen persistente organiske miljøgifter (POP-er) (Miljødirektoratet, 2022), og disse miljøgiftene lagres i fett. En undersøkelse av innholdet i et utvalg spiselige makroalger, viste små konsentrasjoner av POP-er på grunn av lite fettrike alger (Duinker et al., 2016). Det er også vist at alger kan absorbere tungmetaller (Shams El-Din et al., 2014; Duinker et al., 2016; Paz et al., 2018), men som ikke ser ut til å skade algene (Shams El-Din et al., 2014). Det er få rapporter om miljøgifter i Oslofjorden som nevner effekten på algene, og det ser heller ikke ut til å være gjort mange undersøkelser om alger og veksthemmende miljøgifter. Det er derfor vanskelig å konkludere med miljøgiftenes effekt, men POP-er eller tungmetaller har trolig lite effekt på algevegetasjonen.

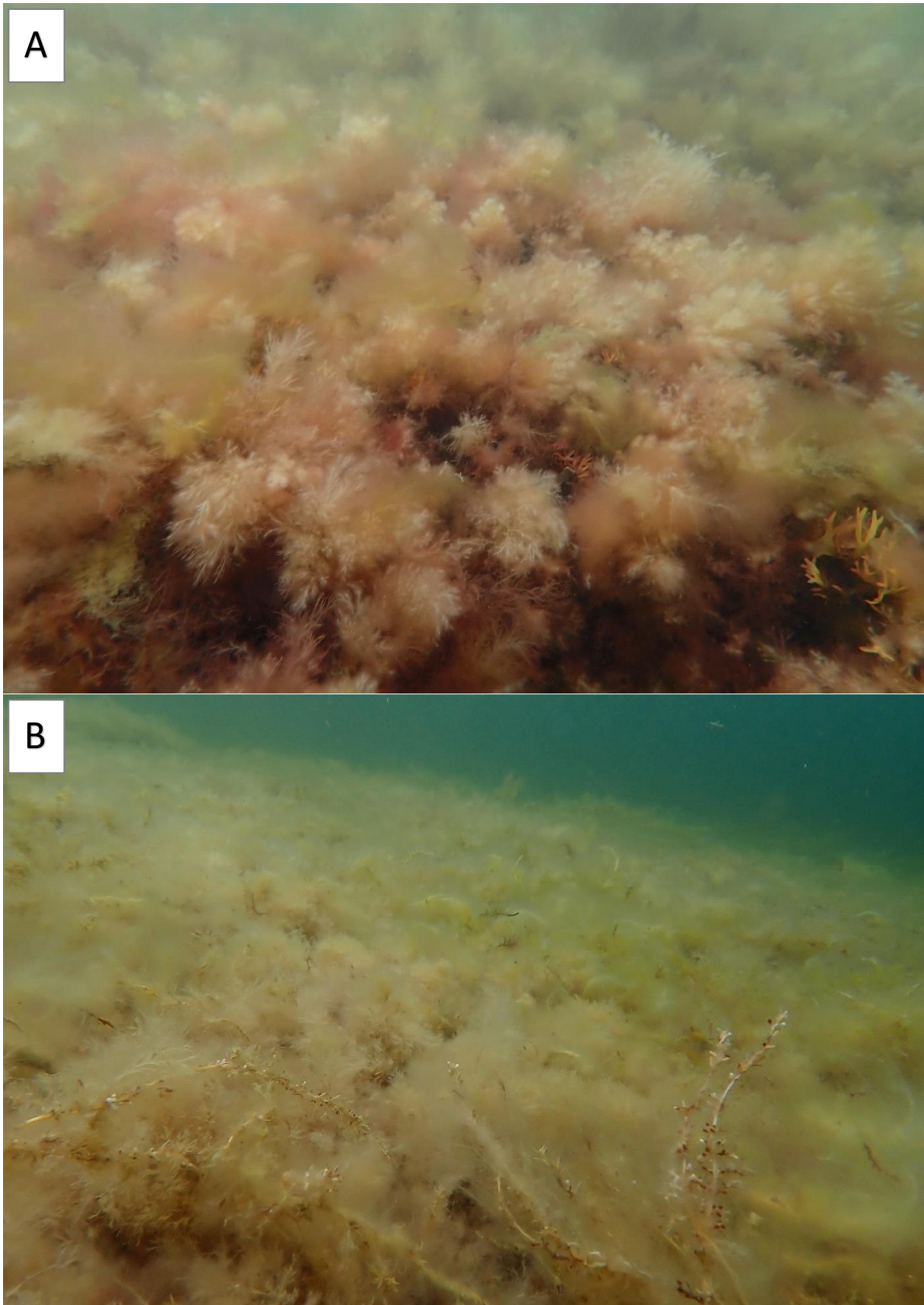
#### 4.2.3. Biotiske faktorer

##### **Lurvealger**

Lurvealgene kan utkonkurrere andre arter ved å vokse på dem, slik at de «kveles» av mangel på sollys og næring (Moy og Christie, 2012; Filbee-Dexter og Wernberg, 2018). De store mengdene lurv på stasjonene (med unntak av Dronninghavna, der det generelt var lite

vegetasjon) kan på den ene siden tenkes å ha endret artsantallet negativt. Mange av de store lurvemattene ble blant annet funnet i øvre del av sublitoralsonen, der man også kan forvente å finne sagtangen (Rueness, 1977). Det var lite sagtang der lurvemattene befant seg (spesielt på Huk og Nordre Langøy), og det er vist at sagtangens rekruttering hemmes av lurv. Lurvemattene fanger store mengder sediment som hindrer kimplantene i å feste seg. Dette øker også dødeligheten for de som har klart å feste seg (Isæus et al., 2004). Lurvealgene kan derfor ha presset ut deler av sagtangpopulasjonen og hindret rekruttering av nye avkom.

På den andre siden kan det forventes økt artsantall grunnet favoriserende forhold (økt temperatur (Filbee-Dexter og Wernberg, 2018)) for lurvealgene. Flere av de 13 artene som ble funnet i denne studien og ikke i Larsens (1995) er små alger som gir lite habitat og kan defineres som lurv (Filbee-Dexter og Wernberg, 2018). Artssammensetningen ser altså ut til å ha endret seg mot et lurvesamfunn. Larsen (1995) omtaler verken trådalger eller lurv, og mener epifyttmengden har gått ned siden tidligere år. Bildene fra stasjonene hans ser heller ikke ut til å være dominert av lurv. I 2021 var derimot flere av stasjonene dekket av lurv (figur 71A og B). Filbee-Dexter og Wernberg (2018) forklarer at når algesamfunnet skiftes mot et lurvesamfunn kan det ofte være et resultat av flere stressorer, og både økt eutrofiering og temperatur blir omtalt som viktige drivere i Norge. Staalstrøm et al., (2021) betegner dette skiftet som alvorlig med tanke på de andre bentiske algene og viser til egne undersøkelser der epifytt- og lurvealger hadde en dekningsgrad på over 50 %. Dette tyder på at disse algene har økt både i tetthet og dybde i forhold til tidligere år (Staalstrøm et al., 2021) og stemmer overens med egne observasjoner.



**Figur 71.** **A)** Matter av lurv på Huk i august. **B)** Matter av lurv og japansk drivtang (*Sargassum muticum*) i forgrunnen av bildet på Nordre Langøy i august.

## Fremmede arter

Som lurvealger, kan også fremmede arter konkurrere med og fortrenge andre arter (Norling og Jelmert, 2014). Derfor kan det også forventes færre arter ved tilkomst av denne algegruppen. De små mengdene sagtang kan muligens forklares av konkurranse med fremmede arter, i tillegg til lurv. Tangarten konkurrerer med den fremmede arten japansk drivtang som fantes i store mengder på Huk (figur 72) og Nordre Langøy. Japansk drivtang konkurrerer også med sukkertare. Derfor kan sukkertarens fravær i denne undersøkelsen trolig forklares av konkurranse mot den fremmede arten, i tillegg til økt temperatur som diskutert tidligere. Med økende temperatur vil kimplanteveksten til japansk drivtang øke (Rueness, 1985) og derfor få fordeler i konkurransen.

På grunn av tilkomsten av de fremmede artene vil også artsantallet kunne øke. Strømgarn og japansk pollris er to fremmede arter som har kommet til siden Larsens (1995) undersøkelser. Strømgarn ble registrert første gang i Norge i 1966 (Husa et al., 2013) og er den eneste av de tre nevnte fremmede artene Larsen (1995) fant i sin undersøkelse. Han observerte arten på kun én stasjon i Bærumsbassenget, og det kan derfor se ut til at arten har spredd seg innover i fjorden siden dette funnet. I undersøkelsen fra 2021 fantes arten i store mengder på høsten, spesielt på Huk og Nordre Langøy der den dannet store lurvematter. Japansk pollris ble funnet første gang i Norge i 2012 (Husa et al., 2013), og i undersøkelsen fra 2021 ble et individ av arten funnet i Dronninghavna. Japansk drivtang ble funnet drivende første gang i Norge i 1984 (Rueness, 1985) og fastsittende i 1988 (Rueness, 1989). Arten var den mest utbredte av fremmedeartene i Oslofjorden i 2012 (Husa et al., 2013), og selv om mye kan ha skjedd på nesten ti år, så arten fortsatt ut til å ha stor utbredelse. Larsen (1995) fant fremmedarten pollpryd (*Codium fragile*) som jeg ikke fant. Han forklarte at arten trolig hadde ulik utbredelse fra år til år, ettersom den var vanlig i 1993, men borte sommeren 1994. Fremmedalgene hadde nok derfor ingen stor innflytelse på artsantallet, men innvirker på endret artssammensetning.



**Figur 72.** Japansk drivtang (*Sargassum muticum*)-eng med noe lurv på Huk i mai.

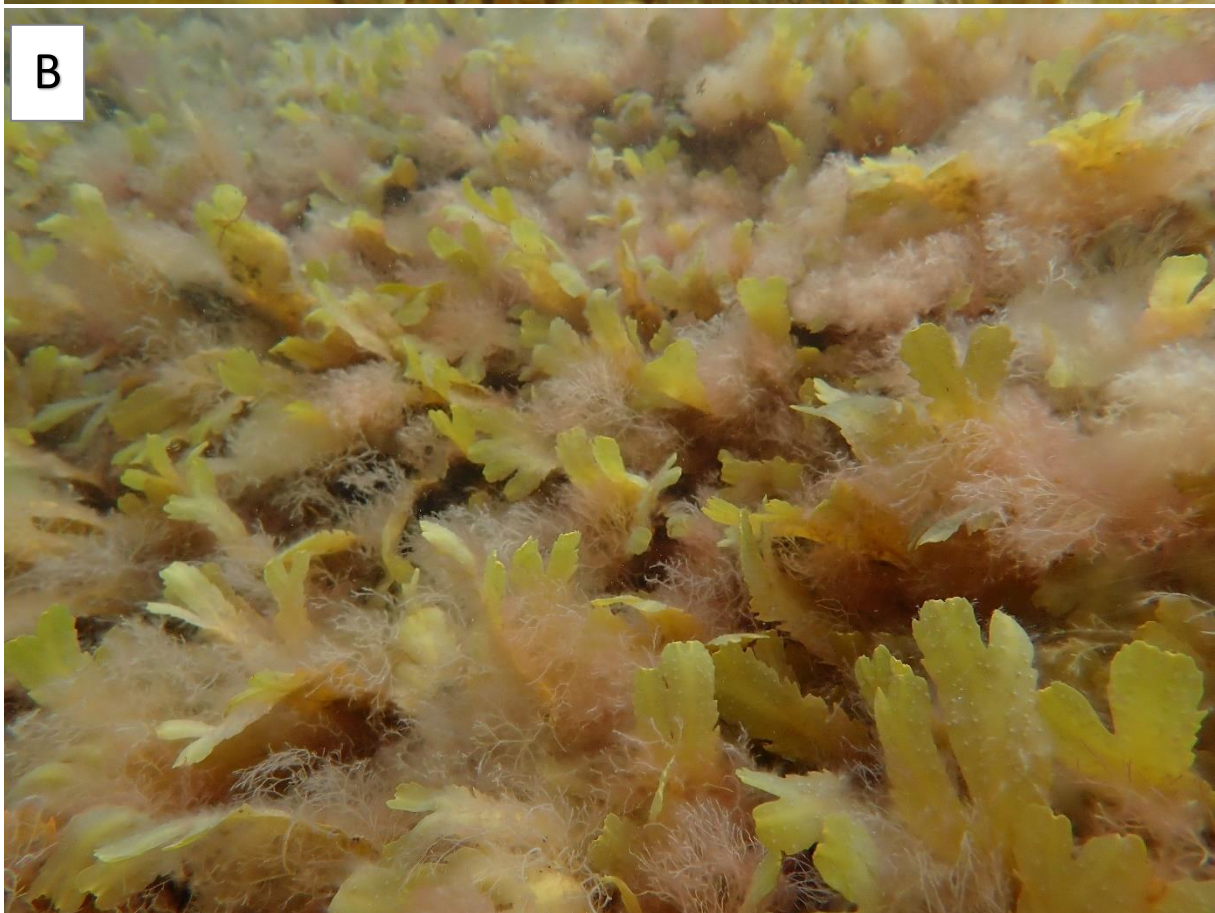
## Beiting

Beitere kan påvirke makroalgene. Kråkeboller kan etterlate seg store områder uten algevegetasjon (Christie et al., 2009), og snegl kan beite kraftig på grønnalger og tangarter (Lein, 1980). Larsen (1995) observerte store mengder kråkeboller på Malmøykalven, men hevdet at beiterne antageligvis ikke spilte stor rolle på de resterende stasjonene. I denne undersøkelsen ble ikke kråkeboller observert verken på Malmøykalven eller andre stasjoner, og hadde trolig ingen effekt på algevegetasjonen i denne studien. Snegl ble derimot observert på alle stasjonene, men mest sannsynlig ikke i like store mengder som Larsen (1995). Han hevdet at det trolig var over 100 snegl pr m<sup>2</sup> og viste til ««fronter» av snegl» (Larsen, 1995, s. 88) under *Ulva*-beltene. Han beskrev også flekkvis utbredelse av grønnalger, noe han mente var et resultat av beiting. Selv observerte jeg lite snegl på grønnalgene og lite flekkvis vegetasjon som kunne tyde på beiting. Det var likevel noe flekkvis vegetasjon av tang på Huk, der rur og østers hadde okkupert områdene der tangen var fraværende (se figur 70A og B under vannstand og tørke). Dette kan muligens forklares av beiting, der rur og østers hadde tatt over de nedbeitede områdene, men ettersom det ikke var særlig store mengder

av snegl i tangbeltene var nok ikke dette hele årsaken. Fravær av små beitere kan gi mindre beitepress på de epifyttiske algene slik at mengden kan øke (Christie et al., 2009; Moy og Christie, 2012). De små mengdene snegl kan derfor muligens være en medvirkende forklaring til økningen av epifytter og lurv. Det samme kan også gjelde økningen i de store mengdene grønnalger (Lein, 1980).

### **Konkurransen om substrat**

I tillegg til fremmede arter og lurv kan også dyr konkurrere med algene om substrat, som for eksempel blåskjell (Fredriksen og Rueness, 1990; Walday et al., 2004). Som nevnt tidligere beskrev Larsen (1995) mengder blåskjell som dominerte stasjonene, spesielt på Malmøykalven (figur 88, s. 89). Moy (1985) viste i sin hovedfagsoppgave at blåskjell og sagtang konkurrerer om substrat, og at tangarten ofte er tapende part. Larsen (1995) fant spredte forekomster av sagtang, mens i 2021 ble det derimot registrert lite blåskjell og dominerende sagtang (figur 73A og B). De små mengdene blåskjell kan være en følge av økt temperatur (Staalstrøm et al., 2021) og konkurranse med stillehavsøsters (Husa et al., 2013) og økt predasjon er også foreslått (Christie et al., 2020). Det ser dermed ut til at nedgangen i blåskjellforekomstene har gitt ledig substrat for sagtangen. Utover dette var det en god del stillehavsøsters og rur på samtlige stasjoner og noe flatøsters på Huk. Både rurene og stillehavsøstersene så ut til å konkurrere med algene om substrat (se figur 70A og B under vannstand og tørke).



**Figur 73. A)** Enslig blåskjell (*Mytilus edulis*) blant sagtangen (*Fucus serratus*) på Malmøykalven i mai. **B)** Sagtang (*Fucus serratus*) med rødalge-epifytter (trolig *Ceramium* sp.) på Malmøykalven i august.

### 4.3. Usikkerheter knyttet undersøkelsen

#### **Antall stasjoner**

Larsen (1995) undersøkte 31 stasjoner, mens det var fire i denne undersøkelsen. Med kun fire stasjoner vil resultatene gi et mindre bilde av Indre Oslofjord enn resultatene fra 1993/94. Larsens (1995) konklusjon kunne muligens også blitt annerledes om han kun hadde sett på de fire stasjonene, og ikke de 31 i helhet.

#### **Innsamlingsmetode**

Fridykking ble benyttet i begge undersøkelsene. Larsen (1995) dykket noe lengre ned (ca. 3 meter) enn i denne undersøkelsen (ca. 1,5 meter), der han fant to arter (*Aglaothamnion halliae* og *Ceramium cimbricum*) dypere enn 1,5 meter. For å utjevne disse forskjellene ble artene fjernet. Fridykkingen ble gjennomført av Sebjørnsen på våren, men av meg på høsten. Dette kan ha gitt ulike innsamlingsmetoder, men trolig ikke store grunnet nokså like forutsetninger før vi dro ut i felt.

Områdene for undersøkelsene var sannsynligvis ikke nøyaktig på samme sted som Larsen (1995) ettersom koordinater ikke ble oppgitt, og prikken på kartet som anga stasjon var nokså stor. Transektbredden varierte noe fra stasjon til stasjon i begge undersøkelsene (fra 15-50 meter i 1993/94, og fra 20-40 meter i 2021), men den nøyaktige transektbredden for hver stasjon ble ikke oppgitt i 1993/94. Det er derfor vanskelig å si noe om hvor store ulikhetene er i både område og transektbredde fra stasjon til stasjon. Både koordinater og satellittbilder fra undersøkelsesområdene er vedlagt i denne studien for å unngå dette i fremtidige undersøkelser (appendiks 1 og 2).

Forholdene i Dronninghavna gjorde at metoden på denne stasjonen avvirket fra de andre. På grunn av mudderbunn og dårlig sikt ble ikke dykkingen gjennomført, og undersøkelsestiden ble kortere. Alger som lå løstflytende ble også samlet inn, noe som kan ha innvirkning på det overaskende høye artsantallet. Sett i ettertid burde dette vært unngått (med unntak av japansk pollris som faktisk ligger løst på bunnen, (Rueness, 2005)), ettersom det kan gi et falskt bilde av arter som opprinnelig ikke vokser i Dronninghavna.



## Artsbestemmelse

Feilbestemmelse av arter kan forekomme, og Larsen (1995) nevner spesielt tangartene som vanskelige å identifisere. Dette kan jeg si meg enig i, da det var spesielt problematisk å skille blæreløs blæretang og gjelvtang i infertil tilstand. Andre alger som bød på problemer under artsbestemmelsen, var særlig de små grønnalgene i slekten *Ulva*. Det var til tider utfordrende å observere antall pyrenoider i hver celle, selv med jod-farging. Ettersom cellestørrelsene overlappet noe blant artene, ble det svært problematisk om algen befant seg i dette området og antall pyrenoider var uklare. Disse artene ble dermed identifisert til *Ulva* sp.

## Feltsesonger

Larsens (1995) innsamlinger ble i hovedsak gjort på høsten og sommeren, og på 13 stasjoner på våren. Av disse 13 var det kun Huk og Nordre Langøy som ble besøkt. Dette er noe uheldig ettersom mine undersøkelser ble gjort på våren og høsten, og typiske våralger kan mangle fra de resterende stasjonene i Larsens (1995) undersøkelser.

Larsens (1995) undersøkelser gikk over årene 1993 og 1994, mens min kun var i 2021. Det er likevel ikke slik at Larsen brukte to år på undersøkelsene, ettersom han startet sine undersøkelser i august 1993, og avsluttet juni 1994. Stasjonene ble trolig besøkt to ganger hver (slik som denne studien), eventuelt tre ved gjenbesøk på våren. Han viser derimot til to arter, *Aglaothamnion halliae* og *Hincksia sandriana* i Dronninghavna, som ble funnet i henholdsvis august 1995 og september 1995. Det gis ingen forklaring på hvorfor supplerende undersøkelser ble gjort dette året, og det ser ut til at det kun er gjort på tre av de 31 stasjonene. *Hincksia sandriana* er tatt med i denne undersøkelsen (den andre arten ble i tillegg funnet på rundt to meter og tatt bort), men det kan diskuteres om den bør fjernes.

## Andre svakheter

Om undersøkelsen skulle blitt gjennomført på nytt hadde det vært gunstig å velge stasjoner som ble undersøkt i samme sesong. Før undersøkelsen hadde det også vært nyttig å tilegne

seg mer kunnskap om hva som er hensiktsmessig å legge vekt på ute i felt. Tangartene kunne for eksempel blitt mer vektlagt ved å beskrive grovt estimert mengde (som for eksempel Larsen (1995) med sjelden, spredt, vanlig og dominerende). Andre alger kunne også blitt beskrevet nøyere med detaljer om artene vokste epifyttisk og grovt estimert mengde. Ettersom Larsen (1995) beskrev mengde snegl, kunne det også vært en fordel å lage ruteanalyse i fjæra for å anslå mengder av dem.

## 5. Konklusjon

Sammenligning av resultatene fra Larsens (1995) undersøkelser og denne studien viste at det hadde skjedd både små og store endringer i algevegetasjonen på nesten 30 år.

Artsantallet hadde ikke endret seg mye, og var kun redusert med to arter.

Artssammensetningen hadde derimot endret seg mer, med økt mengde epifytter og lurvealger, trolig mot et lurvesamfunn. Det var også økt tilkomst av fremmede arter.

Andelen rød- og brunalger hadde en liten økning, mens andelen grønnalger var noe redusert. Selv om antall grønnalgearter ikke hadde økt, var det likevel store mengder av dem på stasjonene, spesielt på Huk. Tangsamfunnet hadde også endret seg noe, der det så ut til at blæretang og sagtang hadde bredt seg innover i fjorden, mens spiraltangen hadde trukket seg ut.

Hovedårsakene til endringene i artssammensetningen er trolig økt eutrofiering og temperatur, og muligens færre beitende snegl. Miljøgifter kan ikke utelukkes å ha påvirkning på algene, men har sannsynligvis liten effekt. Tilkomsten av blæretang og sagtang kan skyldes lavere utslipp av næringssalter og muligens et isfritt år (gjelder for blæretangen), mens spiraltangens fravær trolig skyldess mangel på substrat og tørke. Det er flere aspekter som tyder på en forverret eutrofieringssituasjon (økte mengder epifytter, lurvealger og store mengder grønnalger) enn aspekter som tyder på forbedring (tangartenes utbredelse). Det kan derfor se ut som eutrofieringen på stasjonene har økt, men er vanskelig å si med sikkerhet. Det er likevel sikkert at det hadde skjedd endringer i algevegetasjonen siden Larsens (1995) undersøkelser, og at det var flere faktorer som virket inn.

Det skal også sies at denne undersøkelsen er ganske liten og ble gjennomført på kun to dager. Større undersøkelser bør utføres over tid for å utelukke år-til-år-variasjoner og for å få et mer omfattende bilde av algevegetasjonen i Indre Oslofjord. Forhåpentligvis kan denne undersøkelsen gi et innblikk i Indre Oslofjords algevegetasjon og faktorene som påvirker den, og være til nytte i utformingen av nye undersøkelser.

## 6. Litteratur

- Airoldi, L. (1998). Roles of disturbance, sediment stress, and substratum retention on spatial dominance in algal turf. *Ecology*, 79(8), 2759-2770. [http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658\(1998\)079\[2759:RODSSA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658(1998)079[2759:RODSSA]2.0.CO;2)
- Albretsen, J. (2019). Ytre påvirkninger: Klimaendringer. I Arvnes, P. M. (Prosjektleder), *Kunnskapsstatus Oslofjorden*. (SALT-Rapport 1036). Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1556/m1556.pdf>
- Ansari, A. A., Gill, S. S., & Fareed A. Khan. (2011) Eutrophication: Threat to Aquatic Ecosystems. I Ansari, A., Gill, S., Lanza, G., Rast, W. (Red.), *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*. (s. 143-170). USA: Springer.
- Baalsrud, K. & Magnusson, J. (2002). *Indre Oslofjord: Natur og Miljø*. Oslo: Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord.
- Ballantine, W. J. (1961). A biologically-defined exposure scale for the comparative description of rocky shores. *Field Studies*, 1(3), 1-19. Hentet fra [https://fsj.field-studies-council.org/media/341729/vol1.3\\_17.pdf](https://fsj.field-studies-council.org/media/341729/vol1.3_17.pdf)
- Bokn, T. L. & Lein, L. E. (1978). Long-term changes in furoid association of the inner Oslofjord, Norway. *Norwegian Journal of Botany*, 25, 9-14.
- Bokn, T. L. (1978). Klasser av fastsittende alger brukt som indikatorer på eutrofiering i estuarine og marine vannmasser. *Norsk Institutt for vannforskning årbok 1978*, 53-59.
- Bokn, T. L., Murray, S., Moy, F. & Magnusson, J. (1992). Changes in furoid distributions and abundances in the inner Oslofjord, Norway: 1974-80 versus 1988-90. I Sjögren, E. (Red.), *Phycological studies of Nordic coastal waters: a festschrift dedicated to Prof. Mats Wærn on his 80th birthday*. Uppsala: Svenska växtgeografiska sällskap.
- Bridges, C. C. (1966). Hierarchical Cluster Analysis. *Psychological Reports*, 18(3), 851-854. <https://doi.org/10.2466/pr0.1966.18.3.851>
- Brodie, J., Maggs, C. A. & John, D.M. (2007). *Green seaweeds of Britain and Ireland*. Dunmurry: British phycological society.
- Christie, H., Kraufvelin, P., Kraufvelin, L., Niemi, N., & Rinde, E. (2020). Disappearing blue mussels – Can mesopredators be blamed? *Frontiers in Marine Science*, 7, 1-8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00550>
- Christie, H., Norderhaug, K. M & Fredriksen, S. (2009). Macrophytes as habitat for fauna. *Marine ecology progress series*, 396, 221-233. DOI: 10.3354/meps08351
- Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18, 117-143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>

- Connell, S. D., Foster, M. S. & Airoldi, L. (2014) What are algal turfs? Towards a better description of turfs. *Marine Ecology Progress Series*, 495, 299–307. DOI: 10.3354/meps10513
- Dokulil, M & Teubner, K. (2011). Eutrophication and climate change: Present situation and future scenarios. I Ansari, A., Gill, S., Lanza, G., Rast, W. (Red.), *Eutrophication: Causes, consequences and control*. (s. 1-16). USA: Springer.
- Dolven, J. & Alve, E. (2018). *Miljøgifter i indre Oslofjord: Kartlegging av historisk forløp gjennom analyser av utvalgte miljøgifter i daterte sedimentkjerner*. (Fagrådets rapport nr. 115). Norconsult, Universitetet i Oslo og Universitetet i Sørøst-Norge. Hentet fra [http://www.indre-oslofjord.no/uploads/Rapport\\_miljøgifter\\_IndreOslofjord\\_2018\\_rapportnr115.pdf](http://www.indre-oslofjord.no/uploads/Rapport_miljøgifter_IndreOslofjord_2018_rapportnr115.pdf)
- Dorey, F. (2010). In brief: The P value: What is it and what does it tell you?. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 468, 2297–2298. DOI: 10.1007/s11999-010-1402-9
- Duinker, A., Roiha, I. S., Amlund, H., Dahl, L., Lock, E.-J., Kögel, T., Måge, A. & Lunestad, B. T. (2016). *Potential risks posed by macroalgae for application as feed and food - a Norwegian perspective*. (Rapport 2016). National Institute of Nutrition and Seafood Research (NIFES). Hentet fra [https://www.mattilsynet.no/mat\\_og\\_vann/produksjon\\_av\\_mat/fisk\\_og\\_sjomat/rapport\\_makroalger\\_2016\\_nifes.23097/binary/Rapport%20makroalger%202016%20Nifes](https://www.mattilsynet.no/mat_og_vann/produksjon_av_mat/fisk_og_sjomat/rapport_makroalger_2016_nifes.23097/binary/Rapport%20makroalger%202016%20Nifes)
- Edwards, P. (1972). Benthic algae in polluted estuaries. *Marine Pollution Bulletin*, 3(4), 55-60. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(72\)90194-4](https://doi.org/10.1016/0025-326X(72)90194-4)
- Eppley, R. W. & Bovell, C. R. (1958). Sulfuric acid in Desmarestia. *The Biological Bulletin*, 115, 101-106. <https://doi-org.ezproxy.uio.no/10.2307/1539096>
- European Communities. (1991). *Official journal of the European Communities. Council directive. Concerning urban waste water treatment*. Hentet 4. Mars 2022 fra <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991L0271&from=EN>
- Filbee-Dexter, K. & Wernberg, T. (2018). Rise of Turfs: A New Battlefield for Globally Declining Kelp Forests. *BioScience*, 68(2), 64- 76. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix147>
- Fisher, R. A. (1950). *Statistical methods for research workers. Biological monographs and manuals. No. V*. (11 utg.). Edinburgh og London: Oliver and Boyd.
- Fletcher, R. L. (1987). *Seaweeds of the British Isles. Volume 3: Fucophyceae (Phaeophyceae): Part 1*. London: British Museum (Natural History).
- Fletcher, S. & Islam, M. Z. (2018). *Comparing sets of patterns with the Jaccard index. Australasian Journal of Information Systems*, 22. <https://doi.org/10.3127/ajis.v22i0.1538>
- FNs klimapanel (IPCC). (2021). Summary for Policymakers. I Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., ... Zhou, B. (Red.), *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. USA: Cambridge University Press.

- Fredriksen, S & Rueness, J. (1990). *Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord 1989*. Benthosalger i Ytre Oslofjord. Delprosjekt 4.1. (Overvåkingsrapport 397/90). Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/205849>
- Frigstad, H., Andersen, G. S., Trannum, H. C., Naustvoll L. J., Kaste, Ø. & Hjermann, D. Ø. (2018). *Synthesis of climate relevant results from selected monitoring programs in the coastal zone. Part 2: Quantitative analyses*. (NIVA-rapport 7311, Miljødirektoratet-rapport 1220). Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/2595792>
- Google Maps, Maxar Technologies & Kartdata. (2022a). [Satellittbilde av Huk]. Hentet 15. mai 2022 fra <https://www.google.com/maps/place/59%C2%B053'39.6%22N+10%C2%B040'29.7%22E/@59.8945425,10.674365,130m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x98b8e58641bf56e3!8m2!3d59.8943333!4d10.6749167>
- Google Maps, Maxar Technologies & Kartdata. (2022b). [Satellittbilde av Dronninghavna]. Hentet 15. mai 2022 fra <https://www.google.com/maps/place/59%C2%B054'43.0%22N+10%C2%B041'33.6%22E/@59.9118859,10.6919858,107m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0xbf6bc4fb418f4e72!8m2!3d59.9119444!4d10.6926667>
- Google Maps, Maxar Technologies & Kartdata. (2022c). [Satellittbilde av Nordre Langøy]. Hentet 15. mai 2022 fra <https://www.google.com/maps/place/59%C2%B052'18.4%22N+10%C2%B042'47.7%22E/@59.8717305,10.7127426,125m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0xd771ce25165e5b7f!8m2!3d59.8717778!4d10.71325>
- Google Maps, Maxar Technologies & Kartdata. (2022d). [Satellittbilde av Malmøykalven]. Hentet 15. mai 2022 fra <https://www.google.com/maps/place/59%C2%B051'53.0%22N+10%C2%B044'28.0%22E/@59.8649351,10.7404343,138m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x88cb04b51a74eb4e!8m2!3d59.8647222!4d10.7411111?hl=no>
- Gran, H. H. (1897). Kristianiafjordens algeflora: Volume 1: Rhodophyceae og Phaeophyceae. *Videnskabselselskabets Skrifter 1. Mathem.,-naturvid., klasse 1896(2)*, 1-56.
- Grenager, B. (1957). Algological observations from the polluted area of the Oslofjord. *Nytt magasin for botanikk*, 5, 41-60.
- Guerrero, J. L. & Sample, J. E. (2021). *Kildefordelte tilførsler av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 2019 – tabeller, figurer og kart*. (NIVA-rapport 7599). Hentet fra <https://hdl.handle.net/11250/2735934>
- Guerrero, J. L. & Sample, J. E. (2022). *Kildefordelte tilførsler av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 2020 – tabeller, figurer og kart*. (NIVA-rapport 7729). Hentet fra <https://hdl.handle.net/11250/2985724>
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2022). AlgaeBase. Hentet fra <https://www.algaebase.org>

- Hult, F. (2021). *Hva må VAV legge til rette for ved anleggelse av nye badeplasser i fjorden?*. Hentet 6. mai 2022 fra <https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2021/09/3.-Frode-Hult.pdf>
- Husa, V. (2007). Varmere sjøvann – hvordan vil makroalger påvirkes?. *Havforskningsnytt*, 14. Hentet fra <https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/handle/11250/115417>
- Husa, V., Agnalt, A-L., Svensen, R., Rokkan-Iversen, K., Steen, H., Jelmert, A., Farestvedt, E., Peter-sen, H. (2013). *Kartlegging av fremmede marine arter i indre og ytre Oslofjord*. Utredning for DN 4-2013. Hentet fra [https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/dokumenter/publikasjoner/oppdragsrapporter/dn-utredning-4-2013\\_netts\\_final.pdf](https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/dokumenter/publikasjoner/oppdragsrapporter/dn-utredning-4-2013_netts_final.pdf)
- Isæus, M., Malm, T., Persson, S. & Svensson, A. (2004). Effects of filamentous algae and sediment on recruitment and survival of *Fucus serratus* (Phaeophyceae) juveniles in the eutrophic Baltic Sea. *European Journal of Phycology*, 39(3), 301-307. DOI: 10.1080/09670260410001714732
- Johnsen, U. H. *The benthic algae of the Bærum basin in the inner Oslofjord. A comparison of eight sites between 1993-94 and 2018*. (Hovedfagsoppgave). Universitetet i Oslo.
- Kartverket. (2022). Historiske data. Hentet 27. april 2022 fra <https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva/resultat?id=1082266&location=Oslo%20vannstandsm%C3%A5ler>
- Kingsbury, J. M. (1962). The effect of waves on the composition of a population of attached marine algae. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 89(3), 143–160. <https://doi.org/10.2307/2482562>
- Klavestad, N. (1967). *Undersøkelser over benthos-algevegetasjonen i indre Oslofjord i 1962-1965*. (Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. 1. Undersøkelsen 1962-65. Delrapport nr. 9). Oslo: Norsk institutt for vannforskning.
- Klavestad, N. (1978). The Marine Algae of the Polluted Inner Part of the Oslofjord. A survey carried out 1962-1966. *Botanica Marina*, 21, 71–97.
- Kosub, S. (2018). A note on the triangle inequality for the Jaccard distance. *Pattern Recognition Letters*, 120, 36-38. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2018.12.007>
- Kroglund, T., Berge, J. A., Bokn, T. L., Gitmark, J. K. & Magnusson, J. (2017). Endringer i horisontalutbredelsen av tang i Indre Oslofjord – betydningen av kommunenes rensetiltak. *VANN*, 01, 93-101. Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/2569072>
- Larsen, J.F. (1995). *Utbredelsen av bentosalger i Indre Oslofjord*. (Hovedfagsoppgave). Universitetet i Oslo.
- Lein, T. E. (1976). *Strukturen i benthiske litoralsamfunn i Indre Oslofjord. En metodisk undersøkelse av diversitet og stratifisering. Del 1*. (Hovedfagsoppgave). Universitetet i Oslo.
- Lein, T. E. (1980). The effects of *Littorina littorea* L. (Gastropoda) grazing on littoral green algae in the inner Oslofjord, Norway. *Sarsia*, 65, 87-92.
- Lindholm, O. G. (2011). Regnvannsoverløp. Status, krav og dokumentasjon av utslipp. *VANN*, 01, 83-90. Hentet fra [https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2011\\_820096.pdf](https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2011_820096.pdf)

- Lundsør, E. (2019). *Miljøovervåking i Indre Oslofjord 2018. Vedleggsrapport*. Hentet fra <http://www.indre-oslofjord.no/uploads/VedleggsrapportmiljovervkingiIndreOslofjord2018.pdf>
- Lundsør, E., Dolven J.K. & Andersen, G. S. (2017). *Miljøovervåking i Indre Oslofjord 2016. Vedleggsrapport*. Hentet fra [http://www.indre-oslofjord.no/uploads/OvervkingavindreOslofjord2016\\_B02.pdf](http://www.indre-oslofjord.no/uploads/OvervkingavindreOslofjord2016_B02.pdf)
- Macreadie, P. I., Jarvis, J., Trevathan-Tackett, S. M., & Bellgrove, A. (2018). Seagrasses and macroalgae: Importance, vulnerability and impacts. I Phillips, B. F & Pérez-Ramírez, M. (Red.), *Climate change impacts on fisheries and aquaculture: A global analysis* (2. utg., s. 729-770). John Wiley & Sons.
- Magnusson, J., Bokn, T., Moy, F., Pedersen, A. & Larsen, G. (1992). *Overvåking av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord 1991*. (NIVA rapport 2722). Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/206792>
- McKenna Jr., J. E., (2002). An enhanced cluster analysis program with bootstrap significance testing for ecological community analysis. *Environmental Modelling & Software*, 18(3), 205–220. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(02\)00094-4](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(02)00094-4)
- Meteorologisk institutt. (2021, 20. januar). Østlandet siden 1900. Hentet 8. april 2022 fra <https://www.met.no/vaer-og-klima/klima-siste-150-ar/regionale-kurver/ostlandet-siden-1900>
- Miljødirektoratet. (2022). Persistente organiske forbindelser (POP-er). Hentet 7.mai 2022 fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/kjemikalier/produktforskriften/persistent-e-organiske-forbindelser-pop-er/>
- Moore, H. B. (1935). The biology of *Balanus balanoides*. IV. Relation to environmental factors. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 20(2), 279-307. DOI: 10.1017/S0025315400045227
- Moy, F. & Christie, H. (2012). Large-scale shift from sugar kelp (*Saccharina latissima*) to ephemeral algae along the south and west coast of Norway. *Marine Biology Research*, 8(4), 309-321, DOI: 10.1080/17451000.2011.637561
- Moy, F. (1985). *Utbredelse av Fucus serratus L. i Indre Oslofjord relatert til forekomster av Mytilus edulis L. – Samfunnsanalyse og felteksperimenter* (Hovedfagsoppgave). Universitetet i Oslo.
- Moy, F. E., & Walday, M. (1996). *Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-1994*. Hardbunnsundersøkelser 1992-1994. (NIVA rapport 655). Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/208790>
- Nielsen, R & Lundsteen, S. (2019a). *Danmarks havalger: Bind 1: Rødalger (Rhodophyta)*. København: Det kongelige danske videnskabernes selskab.
- Nielsen, R & Lundsteen, S. (2019b). *Danmarks havalger: Bind 2: Brunalger (Phaeophyceae) og grønalger (Chlorophyta)*. København: Det kongelige danske videnskabernes selskab.



- Norling, P. & Jelmert, A. (2014). *Fremmede marine arter i Oslofjorden*. (NIVA-rapport 5919). Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/214840>
- Omland, S., E., Beitveit, T. & Larsen, J. (2022). *Oslo Havn: Årsberetning 2021*. Hentet fra <https://www.oslohavn.no/globalassets/oslo-havn/dokumenter/oslo-havn-publikasjoner-2022/arsrapport-oslo-havn-2021-web.pdf>
- Oslo kommune. (u.å). Folkemengde og endringer. Hentet 1.april 2022 fra <https://www.oslo.kommune.no/statistikk/befolkning/folkemengde-og-endringer/#gref>
- Oslofjorden.com. (2022). Båttrafikk i Indre Oslofjord. Hentet 3. mai 2022 fra [https://www.oslofjorden.com/marinetraffic/ais\\_live\\_traffic\\_update\\_indre\\_oslofjord\\_oslo\\_havn.html](https://www.oslofjorden.com/marinetraffic/ais_live_traffic_update_indre_oslofjord_oslo_havn.html)
- Paz, S., Rubio, C., Frías, I., Gutierrez, A. J., Gonzalez-Weller, D., Martín, V., Revert, C. & Hardisson, A. (2018). Toxic metals (Al, Cd, Pb and Hg) in the most consumed edible seaweeds in Europe. *Chemosphere*, 218, 879-884. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.165>
- Pratt, M. C., & Johnson, A. S. (2002). Strength, drag, and dislodgment of two competing intertidal algae from two wave exposures and four seasons. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 272, 71-101. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(02\)00046-1](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(02)00046-1)
- Rueness, J. & Nøklung-Eide, K. (2021a). *Bestemmelsesnøkler til norske marine makroalger: 1. Rødalger*. Oslo: Norsk botanisk forening.
- Rueness, J. & Nøklung-Eide, K. (2021b). *Bestemmelsesnøkler til norske marine makroalger: 2. Brunalger*. Oslo: Norsk botanisk forening.
- Rueness, J. & Nøklung-Eide, K. (2021c). *Bestemmelsesnøkler til norske marine makroalger: 3. Grønnalger*. Oslo: Norsk botanisk forening.
- Rueness, J. (1973). Pollution effects on littoral algal communities in the inner Oslofjord, with special reference to *Ascophyllum nodosum*. *Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, 24, 446-454.
- Rueness, J. (1977). *Norsk algeflora*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Rueness, J. (1985). Japansk drivtang – *Sargassum muticum* – Biologisk forurensning av europeiske farvann. *Blyttia*, 43, 71-74.
- Rueness, J. (1989). *Sargassum muticum* and other introduced japanese macroalgae: Biological pollution of european coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 20(4), 173-176. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(89\)90488-8](https://doi.org/10.1016/0025-326X(89)90488-8)
- Rueness, J. (1998). *Alger i farger: En felthåndbok om kystens makroalger*. Oslo: Almater forlag AS.
- Rueness, J. (2005). Life history and molecular sequences of *Gracilaria vermiculophylla* (Gracilariales, Rhodophyta), a new introduction to European waters. *Phycologia*, 44, 120-128. DOI: 10.2216/0031-8884(2005)44[120:LHAMSO]2.0.CO;2

- Røysted, U. E., Kristoffersen, H. V, Magnussen, R. A & Paulsrud, B. (2018). *Teknokratisk mulighetsstudie: Sentralrenseanlegg øst / utvidelse Nordre, Follo Renseanlegg / utvidelse Bekkelaget Renseanlegg*. Hentet fra <http://www.indre-oslofjord.no/uploads/Teknokratiskmulighetsstudie20180216medvedlegg.pdf>
- Salameh, E & Harahsheh, S. (2011). Eutrophication Processes in Arid Climates. I Ansari, A., Gill, S., Lanza, G., Rast, W. (Red.), *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*. (s. 69-90). USA: Springer.
- Schindler, D. (2006). Recent advances in the understanding and management of eutrophication. *The American Society of Limnology and Oceanography*, 51(1, del 2), 356-363. DOI: 10.4319/lo.2006.51.1\_part\_2.0356
- Seymour, R. J., Tegner, M. J., Dayton, P. K. & Parnell, P. E. (1988). Storm wave induced mortality of giant kelp, *Macrocystis pyrifera*, in Southern California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 28(3), 277-292. [https://doi.org/10.1016/0272-7714\(89\)90018-8](https://doi.org/10.1016/0272-7714(89)90018-8)
- Shams El-Din, N. G., Mohamedein, L. I. & El-Moselhy, K. M. (2014). Seaweeds as bioindicators of heavy metals off a hot spot area on the Egyptian Mediterranean Coast during 2008–2010. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186, 5865–5881. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-3825-3>
- Smale, D. A. (2019). Impacts of ocean warming on kelp forest ecosystems. *New Phytologist* (2020) 225, 1447–1454. <https://doi.org/10.1111/NPH.16107>
- Staalstrøm, A., Engesmo, A., Andersen, G. S., Sandra Gran, Borgersen, G., Moy, S., Valestrand, L., Brooks, S., Hylland, K. & Holth T., F. (2021). *Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord. Årsrapport 2020*. (NIVA-rapport 7650). Hentet fra <https://hdl.handle.net/11250/2780226>
- Sundene, O. (1953). The algal vegetation of Oslofjord. *Det Norske Videnskabs-Akademi i Oslo 1. Mat,-naturv., klasse 1953(2)*, 1-244.
- Thaulow, H. & Faafeng, B. (2014). *Indre Oslofjord 2013 – status, trusler og tiltak*. (NIVA-rapport 6593). Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/194149>
- Tjønneland, M. V. & Slinde, G. A. (2021). *Risikovurdering av sedimenter i Indre Oslofjord: Datarapport for prøvetaking av sedimenter og trinn 1 risikovurdering av forurenset sediment*. (Dok. Nr. 20200524-01-R). Hentet fra [http://www.indre-oslofjord.no/uploads/RisikovurderingsedimenterindreOslofjord-Datarapportforprvetakingavsedimenterogtrinn1risikovurd\\_\(1\).pdf](http://www.indre-oslofjord.no/uploads/RisikovurderingsedimenterindreOslofjord-Datarapportforprvetakingavsedimenterogtrinn1risikovurd_(1).pdf)
- Vestfjorden Avløpsselskap (VEAS). (11. mai, 2021). Utilstekt overløp grunnet kortslutning. Hentet 21. april 2022 fra <https://www.veas.nu/nyheter/post-rqQPQ-utilstekt-overlop-grunnet-kortslutning>
- Vestfjorden Avløpsselskap (VEAS). (18. juni, 2021). Store nedbørmengder forårsaket overløp i natt. Hentet 21. april 2022 fra <https://www.veas.nu/nyheter/post-jBQPQ-store-nedbormengder-forarsaket-overlop-i-natt>

- Vestfjorden Avløpsselskap (VEAS). (u.å). Om renseprosessen. Hentet 14. mai 2022 fra <https://www.veas.nu/produkter/vann>
- Walday, M., Moy, F. & Tveiten, L. (2004). *Undersøkelser av marine hardbunnsorganismer i området utenfor Kårstø gassprosesseringsanlegg 2002 og 2003*. (NIVA-Rapport 4807). Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/212384>
- Walday, M., Rinde, E., Andersen, G. S., Hancke, K. & Moy, S. (2021). *Frisk Oslofjord: Undersøkelser på grunt vann - med utprøving av ny teknologi*. (NIVA-rapport 7642). Hentet fra <https://hdl.handle.net/11250/2762790>
- Yr.no. (2022). Historikk. NRK og Meteorologisk institutt. Hentet 27. april 2022 fra [https://www.yr.no/nb/historikk/graf/5-18700/Norge/Oslo/Oslo/Oslo%20\(Blindern\)?q=1993](https://www.yr.no/nb/historikk/graf/5-18700/Norge/Oslo/Oslo/Oslo%20(Blindern)?q=1993)
- Yr.no. (2022). Historikk. NRK og Meteorologisk institutt. Hentet 27. april 2022 fra [https://www.yr.no/nb/historikk/graf/5-18700/Norge/Oslo/Oslo/Oslo%20\(Blindern\)?q=1994](https://www.yr.no/nb/historikk/graf/5-18700/Norge/Oslo/Oslo/Oslo%20(Blindern)?q=1994)
- Yr.no. (2022). Historikk. NRK og Meteorologisk institutt. Hentet 27. april 2022 fra [https://www.yr.no/nb/historikk/graf/5-18700/Norge/Oslo/Oslo/Oslo%20\(Blindern\)?q=2021](https://www.yr.no/nb/historikk/graf/5-18700/Norge/Oslo/Oslo/Oslo%20(Blindern)?q=2021)

## 7. Appendiks

**Appendiks 1:** Koordinater for de fire stasjonene.

**Appendiks 2:** Satellittbilder av stasjonene med markerte undersøkelsesområder.

**Appendiks 3:** Matrise som angir tilstedeværelse (1) og fravær (0) av arter på stasjonene i 1993/94 og 2021. Brukt for å lage de grafiske fremstillingene fra nMDS- og hierarkisk klusteranalysene.

**Appendiks 4:** Innholdsfortegnelse for preparateskene. En for vår 2021 og en for høst 2021.

**Appendiks 5:** Koder fra programmeringsverktøyet R, brukt i analysene.

## Appendiks 1 – Koordinater

<b>STASJON</b>	<b>BREDDEGRAD</b>	<b>LENGDEGRAD</b>
1. HUK	59°53'39.6"N	10°40'29.7"E
2. DRONNINGHAVNA	59°54'43.0"N	10°41'33.6"E
3. NORDRE LANGØY	59°52'18.4"N	10°42'47.7"E
4. MALMØYKALVEN	59°51'53.0"N	10°44'28.0"E

## Appendiks 2 – Satellittbilde av stasjonene med markert undersøkelsesområde



**Figur A1.** Satellittbilde av stasjon 1, Huk (Google, 2022). Rød pil viser hvor koordinatene er tatt fra, og rød linje viser undersøkelsesområdet. Bilde hentet fra Google Maps et al., (2022a) og redigert i Paint.



**Figur A2.** Satellittbilde av stasjon 2, Dronninghavna (Google, 2022). Rød pil viser hvor koordinatene er tatt fra, og rød linje viser undersøkelsesområdet. Bilde hentet fra Google Maps et al., (2022b) og redigert i Paint.



**Figur A3.** Satellittbilde av stasjon 3, Malmøykalven (Google, 2022). Rød pil viser hvor koordinatene er tatt fra, og rød linje viser undersøkelsesområdet. Bilde hentet fra Google Maps et al., (2022c) og redigert i Paint.



**Figur A4.** Satellittbilde av stasjon 4, Malmøykalven (Google, 2022). Rød pil viser hvor koordinatene er tatt fra, og rød linje viser undersøkelsesområdet. Bilde hentet fra Google Maps et al., (2022d) og redigert i Paint.

### Appendiks 3 – Matrise med arter

Arter/Stasjon	Huk 1993/94	Huk 2021	Dronning -havna 1993/94	Dronning -havna 2021	Nordre Langøy 1993/94	Nordre Langøy 2021	Malmøy -kalven 1993/94	Malmøy -kalven 2021
<b>Brunalger:</b>								
Desmarestia aculeata	0	1	0	0	0	0	0	0
Desmarestia viridis	1	1	0	0	0	0	0	1
Dictyosiphon foeniculaceus	0	0	1	1	1	0	1	0
Ectocarpus spp.	1	1	0	1	1	1	1	1
Elachista fucicola	1	1	1	1	1	1	1	1
Fucus distichus subsp. evanescens	1	1	1	1	1	1	1	1
Fucus serratus	1	1	0	1	0	1	1	1
Fucus spiralis	1	1	1	0	1	0	1	1
Fucus vesiculosus	1	1	0	1	0	1	1	1
Halosiphon tomentosum	1	1	0	0	1	1	0	1
Hincksia sandriana	0	0	1	0	0	0	0	0
Petalonia fascia	1	0	1	0	0	0	1	0
Punctaria plantaginea	0	0	0	0	0	1	0	1
Pylaiella littoralis	1	1	1	1	1	1	0	1
Saccharina latissima	0	0	1	0	0	0	0	0
Sargassum muticum	0	1	0	0	0	1	0	1
Scytosiphon lomentaria	1	1	0	1	0	1	1	1
Skorpeformet alge	1	0	1	0	1	0	1	0
Sphacelaria cirrosa	0	1	0	0	1	1	0	1
Spongonema tomentosum	0	0	0	0	1	0	1	0
Stictyosiphon tortilis	0	0	0	0	0	1	0	1
Striaria attenuata	0	0	0	0	0	1	0	0
<b>Rødalger:</b>								
Acrochaetium sp.	0	1	1	1	1	1	0	1
Ahnfeltia plicata	1	1	0	0	1	1	0	0
Antithamnion cruciatum	0	0	0	1	0	0	0	0
Callithamnion corymbosum	0	1	1	1	1	1	0	0
Ceramium tenuicorne	1	1	1	1	1	1	0	1
Ceramium virgatum	0	1	1	0	0	1	0	1
Chondrus crispus	1	1	1	1	1	1	1	1
Cystoclonium purpureum	0	1	0	0	0	0	0	0
Dasya baillouviana	0	1	0	0	0	1	0	1
Dumontia contorta	1	1	0	1	1	1	1	1
Erythrotrichia carnea	1	1	1	1	1	1	0	1



Gracilaria vermiculophylla	0	1	0	0	0	0	0	0
Hildenbrandia rubra	1	1	0	1	1	1	1	1
Leptosiphonia fibrillosa	0	1	0	1	1	1	0	1
Melanothamnus harveyi	1	0	0	1	1	0	0	0
Polysiphonia spp.	0	0	0	0	1	0	0	0
Polysiphonia stricta	1	1	1	1	1	1	0	1
Porphyra cf. purpurea	1	0	1	0	1	0	0	0
Porphyra cf. umbilicalis	0	0	0	0	0	0	1	0
Porphyra sp.	1	1	0	0	1	0	1	0
Rhodomela confervoides	0	1	0	0	1	1	0	0
Skorpeformet kalkalge	1	1	0	0	1	1	1	1
Stylonema alsidii	0	0	1	0	0	0	0	0
Vertebrata fucoides	1	1	1	1	1	1	0	1
<b>Grønnalger:</b>								
Acrosiphonia arcta	1	0	0	0	0	0	0	0
Blidingia minima	1	0	0	1	1	1	1	0
Bryopsis hypnoides	1	1	1	0	1	0	0	1
Chaetomorpha ligustica	1	0	1	0	1	0	1	0
Cladophora spp.	1	1	1	1	1	1	1	1
Codium fragile	1	0	1	0	1	0	0	0
Monostroma grevillei	0	1	0	1	1	1	0	1
Rhizoclonium riparium	1	1	1	1	0	0	0	0
Spongomorpha aeruginosa	0	1	0	1	0	1	0	1
Ulothrix sp.	0	1	1	1	1	0	1	0
Ulva cf. ralfsii	0	0	1	0	0	0	0	0
Ulva clathrata	0	1	0	0	0	1	0	1
Ulva fenestrata	1	1	1	0	1	0	0	0
Ulva flexuosa	1	1	1	1	0	0	0	1
Ulva intestinalis	1	1	1	1	1	1	1	1
Ulva linza	1	0	0	0	0	0	0	0
Ulva prolifera	1	1	1	1	1	0	1	1
Ulva spp.	1	0	1	0	1	0	1	0
Urospora penicilliformis	1	1	0	1	0	0	1	1
Urospora Wormskioldii	0	0	0	1	0	1	0	0

## Appendiks 4 – Innholdsfortegnelse for preparatene

(Preparatene oppbevares på seksjon for akvatisk biologi og toksikologi på Universitetet i Oslo)

### Preparat-ekse 1 – Vår 2021

	<b>Stasjon 1, Huk</b>		
1	Hydroide m/ Acrochaetium sp.	51	Rhodomela confervoides
2	Rhodomela confervoides	52	Elachista fucicola
3	Cladophora sp.	53	Monostroma grevillei
4	Cystoclonium purpureum	54	Urospora Wormskioldii
5	Desmarestia aculeata	55	Ectocarpus sp.
6	Leptosiphonia fibrillosa	56	Cladophora sp.
7	Elachista fucicola	57	Punctaria plantaginea
8	Sphacelaria cirrosa	58	Callithamnion corymbosum
9	Ulva intestinalis	59	Ceramium tenicorne
10	Vertebrata fucoides	60	
11	Polysiphonia strica	61	<b>Stasjon 4, Malmøykalven</b>
12	Ceramium tenicorne	62	Desmarestia viridis
13	Callithamnion corymbosum	63	Stictyosiphon tortilis
14	Ceramium virgatum	64	Polysiphonia strica + Erythrotrichia carnea + Urospora penicilliformis
15	Ectocarpus sp.	65	Cladophora rupestris + Pylaiella littoralis
16	Hydroide – Obelia geniculata	66	Elachista fucicola
17		67	Monostroma grevillei
18	<b>Stasjon 2, Dronninghavna</b>	68	Punctaria plantaginea
19	Monostroma grevillei	69	
20	Scytosiphon lomentaria	70	
21	Blidingia minima	71	
22	Ceramium tenicorne	72	
23	Vertebrata fucoides	73	
24	Polysiphonia strica	74	
25	Pylaiella littoralis	75	
26	Elachista fucicola	76	
27	Urospora penicilliformis + Rhizoclonium riparium	77	
28	Dictyosiphon foeniculaceus	78	
29	Ulotrix sp.	79	
30		80	
31	<b>Stasjon 3, Nordre Langøy</b>	81	
32	Rhodomela confervoides	82	
33	Ceramium virgatum	83	
34	Ceramium tenicorne (fertil)	84	
35	Polysiphonia strica	85	
36	Sphacelaria cirrosa	86	
40	Ectocarpus c.f. fasciculatus	87	
41	Cladophora sp.	88	
42	Striaria attenuata	89	
43	Leptosiphonia fibrillosa	90	
44	Vertebrata fucoides	91	

45	Stictyosiphon tortilis	92	
46	Blidingia minima	93	
47	Pylaiella littoralis	94	
48	Ectocarpus sp.	95	
49	Spongomorpha aeruginosa	96	
50	Vertebrata fucoides	97	

## Preparat-eske 2 – Høst 2021

	<b>Stasjon 1, Huk</b>		
1	Ceramium tenicorne+Acrochaetium sp.	51	
2	Callithamnion corymbosum	52	
3	Ceramium virgatum	53	
4	Ectocarpus sp. + Rhizoclonium riparium	54	
5	Ectocarpus sp.	55	
6	Cladophora sp.	56	
7	Dasya pedicellata	57	
8	Vertebrata fucoides	58	
9	Ulva clathrata	59	
10	Elachista fucicola	60	
11	Ceramium virgatum + Acrochaetium sp. + Erythrotrichia carnea	61	
12	Ulva flexousa	62	
13	Pylaiella littoralis	63	
14	Sphacelaria cirrosa	64	
15	Rhizoclonium riparium	65	
16	Cladophora sp.	66	
17	Ulva intestinalis	67	
18	Rhodomela confervoides	68	
19	Ulva prolifera	69	
20	Porphyra sp.	70	
21	Leptosiphonia fibrillosa	71	
22	Ectocarpus c.f fasciculatus + Ulva prolifera	72	
23		73	
24	<b>Stasjon 2, Dronninghavna</b>	74	
25	Leptosiphonia fibrillosa + Acrochaetium sp.	75	
26	Cladophora sp. + Erythrotrichia carnea + Rhizoclonium riparium	76	
27	Ulva flexuosa	77	
28	Spongomorpha aeruginosa	78	
29	Cladophora sp.	79	
30	Rhizoclonium riparium	80	
31	Antithamnion cruciatum	81	
32	Cladophora sp.	82	
33	Urospora Wormskioldii	83	
34	Callithamnion corymbosum	84	

<b>35</b>	Agarophyton vermiculophyllum	<b>85</b>	
<b>36</b>	Melanothamnus harveyi	<b>86</b>	
<b>37</b>	Blidingia minima	<b>87</b>	
<b>38</b>	Ulva prolifera	<b>88</b>	
<b>39</b>	Ulva flexuosa	<b>89</b>	
<b>40</b>	Monostroma grevillei	<b>90</b>	
<b>41</b>		<b>91</b>	
<b>42</b>	<b>Stasjon 3, Nordre Langøy</b>	<b>92</b>	
<b>43</b>	Elachista fucicola	<b>93</b>	
<b>44</b>	Ulva clathrata	<b>94</b>	
<b>45</b>		<b>95</b>	
<b>46</b>	<b>Stasjon 4, Malmøykalven</b>	<b>96</b>	
<b>47</b>	Spacelaria cirrosa	<b>97</b>	
<b>48</b>		<b>98</b>	
<b>49</b>		<b>99</b>	
<b>50</b>		<b>100</b>	

## Appendiks 5 – Programmeringskoder

```
# Load data
full_table = read.table('Algae_abundance_table_and_metadata.tsv', sep='\t',
header=TRUE)
species_by_type = read.table('Algae_species_by_type.tsv', sep='\t',
header=TRUE)

# Split full table into abundance and metadata
abundance_table = full_table[,2:72]
rownames(abundance_table) = full_table[,1]
metadata_table = full_table[,73:74]
metadata_table$Sampling_year = as.factor(metadata_table$Sampling_year)
rownames(metadata_table) = full_table[,1]

### Ordination - Q type ###
library(vegan)
algae_dist = vegdist(abundance_table, method='jaccard', binary=TRUE) # We
use the Jaccard coefficient because it is presence absence data and to
account for the double zero problem.
algae_mds = metaMDS(algae_dist) # nMDS
#ef = envfit(algae_mds, metadata_table, permu=999, na.rm=T) # Fitting
metadata variables onto the ordination - no use because species scores are
unavailable.
#ordiplot(algae_mds)
#plot(ef, p.max = 0.05, cex=0.6)

#Use ggplot2 for non-metric multidimensional scaling with color coding
based on season factor
library(ggplot2)
data.scores=as.data.frame(scores(algae_mds)) #Using the scores function
from vegan to extract the site scores and convert to a data.frame
data.scores$sampling.time=as.factor(metadata_table$Sampling_year)
data.scores$site=metadata_table$Site #Create a column of
site names, from the rownames of data.scores

#data.scores$species=as.data.frame(scores(data.mds, "species")) #Using the
scores function from vegan to extract the site scores and convert to a
data.frame
#data.scores$species$species=colnames(data.seasons.df[,4:81])

#Use hulls on nMDS for seasons
year_2021 = data.scores[data.scores$sampling.time == "2021",
][chull(data.scores[data.scores$sampling.time ==
"2021", c("NMDS1", "NMDS2")]), ] #Hull values for 2021
years_1993_1994 = data.scores[data.scores$sampling.time == "1994",
][chull(data.scores[data.scores$sampling.time ==
"1994", c("NMDS1", "NMDS2")]), ] #Hull values for 1994
hull.data = rbind(year_2021, years_1993_1994) #Combine sampling year data.

#nMDS for sampling times without species labels, sampling time polygons
pdf('Q_type_nMDS.pdf')
ggplot() +

geom_polygon(data=hull.data, aes(x=NMDS1,y=NMDS2,fill=sampling.time,group=sam
pling.time),alpha=0.15) + #Add the convex hulls
geom_text(data=data.scores, aes(x=NMDS1,y=NMDS2,label=site,
colour=sampling.time),alpha=1, size=2.5) + #Add the species labels
coord_equal() +
```

```

theme_bw() +
theme(panel.grid.major = element_blank(), #Remove major-grid labels
      panel.grid.minor = element_blank(), #Remove minor-grid labels
      legend.position = "bottom",
      legend.title = element_blank(),
      legend.direction = "vertical",
      legend.box = "horizontal")
dev.off()

# Permutation test for sampling time
adonis2(abundance_table ~ Sampling_year, data=full_table, method='jaccard',
binary=TRUE) #Permutational ANOVA for sampling time effect on species
abundances
adonis2(abundance_table ~ Sampling_year + Site, data=full_table,
method='jaccard', binary=TRUE) #Permutational ANOVA for sampling time and
site effects on species abundances, additive model

# Hierarchical clustering of both sampling years
pdf('Hierarchical_clustering_both_sampling_years.pdf')
library(ggdendro)
ggdendrogram(hclust(algae_dist), rotate = TRUE, size = 2)
dev.off()

boot.tree <- function(data, B = 100, tree = "upgma") {
  library(phangorn)
  func <- function(x) upgma(dist(x, method = "euclidean"),
method="average")
  if (tree == "nj") {
    func <- function(x) nj(dist(x, method = "euclidean"))
  }
  if (tree == "hclust") {
    func <- function(x) {
      #tr = hclust(dist(x, method = "euclidean"))
      tr = hclust(vegdist(x, method='jaccard', binary=TRUE))
      tr = as.phylo(tr)
      return(tr)
    }
  }
  tr_real = func(data)
  plot(tr_real)
  library(ape)
  #bp <- boot.phylo(tr_real, data, FUN=func, B=B)
  bp <- boot.phylo(tr_real, data, func, trees = FALSE, B=B)
  axisPhylo(side = 1, root.time = max(vegdist(data, method='jaccard',
binary=TRUE)), backward = TRUE)
  nodelabels(bp)
  return(bp)
}
boot.tree(abundance_table, B=100, tree='hclust')

pdf('Hierarchical_clustering_both_sampling_years.pdf')
boot.tree(abundance_table, B=100, tree='hclust')
dev.off()

```