

BACHELOROPPGAVE

Endringer i sammensetning av ferskvannsdiaatoméer i sedimentene fra Barsnesfjorden, Vest-Norge, over de siste 50 år.

av
Sigrid Klakken

Kandidatnummer 122

**Changes in the composition of freshwater diatoms in sediments from the
Barsnesfjord, Western Norway, throughout the last 50 years.**

Geologi og geofare

GE491

Juni 2015



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

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

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

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

Ved gruppeinnlevering må alle i gruppa samtykke i avtalen.

Fyll inn kandidatnummer og navn og sett kryss:

Kandidatnummer 122, Sigrid Klakken

JA NEI

Forord

Denne oppgaven er skrevet som den avsluttende delen av det 3-årige bachelorstudiet i Geologi og geofare ved Høgskulen i Sogn og Fjordane, Avdeling for Ingeniør- og Naturfag.

Jeg vil gjerne rette en stor takk til veileder Matthias Paetzel for hjelp, støtte og gode råd gjennom hele oppgaven. Oppgaven ville ikke vært den samme uten tilgangen på datasettene og artikler fra hans tidligere forskning. Jeg setter også stor pris på at han alltid har vært tilgjengelig under bachelor-perioden.

Jeg vil også takke Torbjørn Dale for hjelpen ved prøvetakingen og deling av observasjoner. «From Mountain to Fjord»-studentene som startet på dette prosjektet og har gitt meg tilgang til deres datasett. Anders Tysnes, Marius Røthe Bøen og Johannes Aleksander Svenheim Rongved for god hjelp med laboratoriearbeidet og et innblikk i deres resultater. Årøy kraftverk for å få lov til å komme på besøk til kraftverket og få et innblikk. Peter Hovgaard for utlån av båten "Knut" til kjerneprøvetakingen. Familie, kjæresten og gode venner for støtte, motivasjon og hjelp. Og til slutt Høgskulen i Sogn og Fjordane for lån av laboratorier og utstyr.

Uten hjelp av disse personene og institusjonene har ikke oppgaven vært mulig å gjennomføre.

Sammendrag

I denne studien blir det sett på om det har skjedd noen endringer i ferskvannsdiaatoméenes sammensetning fra sedimentprøvene fra før og etter 1980-tallet i Barsnesfjorden, Vest-Norge. Det blir sett på om Kraftverket Årøy har hatt noen innvirkning på fjorden og hvilke endringer dette eventuelt har medført for diatoméene. Det er tatt sedimentprøver fra både Indre og Ytre Barsnesfjorden. Av disse prøvene er det laget smørepreparater for å kunne se på ferskvannsdiaatoméenes sammensetning.

Ferskvannsdiaatoméene viser generelt en økning oppover i sedimentkjernene i Indre Barsnesfjord etter 1980-tallet. I Ytre Barsnesfjord viser ferskvannsdiaatoméene en minking oppover i kjerneprøvene fra 1980-tallet.

Ved å se på de forskjellige artene av ferskvannsdiaatoméene i Indre Barsnesfjorden viser kjerneprøvene en økning i de dominerende artene *Tabellaria flocculosa* og *Cymbella aspera* (Ehrenberg) Peragallo etter 1980-tallet. Derimot arten *Eunotia species* viser en minking etter tidlig 1980 i kjerneprøvene. I Ytre Barsnesfjord minker alle ferskvannsdiaatoméartene.

Det er kommet fram til at utbyggingen i vassdraget med hensikt for kraftverket Årøy er årsaken til endringene i diatoméenes sammensetning i avsetningene i Barsnesfjorden. Utbyggingen til Årøy kraftverk har endret utslippsmønsteret og dermed endret vannstanden og miljøet i kildeområdene, Veitastrondvannet og Hafsløvatnet til diatoméene. Det endrete utslippsmønsteret førte også til redusert gjennomstrømningshastighet av vannet gjennom innsjøene; dette kan også være grunnen til minkingen av ferskvannsdiaatoméer i Ytre Barsnesfjord.

Innhold

Forord	2
Sammendrag	3
Figurliste	5
Tabelliste	6
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Målsetninger	7
1.3 Forklaring på målsetningene	8
1.3.1 Målsetning 1	8
1.3.2 Målsetning 2	9
1.3.3 Målsetning 3	9
2. Teori	10
2.1 Områdebeskrivelse	10
2.2 Geologi og avsetninger	11
2.3 Barsnesfjordens batymetri	11
2.4 Sedimentasjonsrate i Barsnesfjorden	12
2.5 Biologisk produksjon	12
2.6 Diatoméenes forekomst og levesett	12
2.6.1 <i>Tabellaria flocculosa</i>	13
2.6.2 <i>Eunotias species</i>	14
2.6.3 <i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Peragallo	15
2.7 Vannkraftverket på Årøy	16
2.8 Tidligere arbeid	17
3. Metode	19
3.1 Prøvetaking	19
3.3 Telling	21
4. Resultat	23
4.1 Resultat	23
4.2 Grafer	24
5. Diskusjon	28
5.1 Målsetning 1	28
5.1.1 Svar på målsetning 1	28
5.2 Målsetning 2	28
5.2.1 Svar på målsetning 2	31
5.3 Målsetning 3	32
Bane 1 Ytre påvirkninger: Temperatur	33
Bane 2 Ytre påvirkninger: Årøy kraftverk	33
Bane 3 Ytre påvirkninger: Nedbør	34
5.3.1 Svar på målsetning 3	34

6. Konklusjon	35
7. Litteratur	36
Vedlegg	39

Figurliste

Figur	Figurtekst	Sidetaill
1	Kart over (a) Norge, (b) Sognefjorden, Vest-Norge. Det blå vannet er Veitastrondvannet og det gule vannet markerer Hafslovatnet. Bokstaven F viser lokaliteten for værstasjonene i Fjærland, mens bokstaven H viser lokaliteten til værstasjonen på Hafslo, (c) Sogndal- og Barsnesfjorden. Den røde prikken og skriften viser lokaliteten til Årøy kraftverk. Den hvite linjen som går igjennom fjordene viser hvor det er laget et lengdeprofil. (d) Lengdeprofil av batymetrien til Sogndal- og Barsnesfjorden (Figuren er brukt etter Paetzel og Dale 2010)	11
2	Bildet til venstre viser en enkel segment av <i>Tabellaria flocculosa</i> vist fra skallsiden (fra Laboratoriumsguide av Matthias Paetzel 2015, <i>personlig meddelelse</i>) og bildet til høyre viser en koloni av <i>Tabellaria flocculosa</i> sett fra siden (fra Laboratoriumsguide av Matthias Paetzel 2015, <i>personlig meddelelse</i>)	14
3	Det venstre bildet viser utseende til <i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills i skallvisning. Det er den største diatoméen i midten som er fremhevet (fra Laboratoriumsguide av Matthias Paetzel 2015, <i>personlig meddelelse</i>) og bildet til høyre viser utseende på <i>Eunotia diadon</i> Ehrenberg (Laboratoriumsguide av Matthias Paetzel 2015, <i>personlig meddelelse</i>) i skallvisning.	14
4	Bildet til venstre viser utseende til <i>Eunotia praerupta</i> Ehrenberg i skallvisning (fra Laboratoriumsguide av Matthias Paetzel 2015, <i>personlig meddelelse</i>) og bildet til høyre viser utseende til <i>Eunotia pectinalis</i> (Kuetzing) Rabenhorst i skallvisning (fra Laboratoriumsguide av Matthias Paetzel 2015, <i>personlig meddelelse</i>).	15
5	Bildet til venstre viser utseende til <i>Eunotia robusta</i> Ralfs i skallvisning (fra Laboratoriumsguide av Matthias Paetzel 2015, <i>personlig meddelelse</i>) og bildet til høyre viser utseende til <i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Paragallo i skallvisning (fra Laboratoriumsguide av Matthias Paetzel 2015, <i>personlig meddelelse</i>).	15
6	Bildet av anlegget Årøy kraftverk og omgjøringene ved utbyggingen. Den øverste illustrasjon viser anlegget ovenfra og illustrasjonen som er nederst viser et tverrsnitt av anlegget. Årøy I, det gamle kraftverket og Årøy II, det nye kraftverket er skrevet med store bokstaver. Illustrasjonen viser at det er lagt rør mellom Veitastrondvannet og Hafslovatnet. Illustrasjonen viser at inntaket av vann til kraftverket er på sørsiden i Hafslovatnet. Bildet er tatt fra innsiden av kraftverket med tillatelse fra Trygve Fosse 2014, <i>personlig meddelelse</i> .	17
7	Niemistö prøvetaker (Niemistö 1974) med sedimentfangeren nede.	19
8	Lokaliteten til hvor de forskjellige kjernene er tatt i Barsnesfjorden. MF2014-3 og MF2014-5 er tatt i Indre Barsnesfjord og MF2014-7 og MF2014-8 er tatt i Ytre Barsnesfjord (Bildet er tatt fra Norgeskart.no, se http1).	20
9	Smørepreparater blir varmet opp under lagingen for å fordampe Toluene.	21
10	Bildet til venstre viser et Leitz Aristopan Trinocular Phase Contrast Mikroskop som ble brukt under analyseringen av smørepreparatene. Bildet til høyre viser det innerste rektangelet som ble brukt som mal for tellingen.	22
11	Kjernene i det de ble åpnet og analysert. Kjerne MF2014-8 skiller seg ut i farge og lagdeling (Tysnes et al. 2015).	24
12	Grafene viser resultatet fra Indre Barsnesfjord. MF2014-3 og MF2014-5 viser prosenten av ferskvannsdiatoméer i kjerneprøvene. Det grå rektangelet viser hvor 1982 er beregnet til å være (Tysnes et al. 2015).	24
13	Grafene viser resultat fra Indre Barsnesfjord. MF2014-3 og MF2014-5 viser <i>Tabellaria flocculosa</i> i prosent. Det grå rektangelet viser hvor 1982 er beregnet til å være (Tysnes et	25

	al. 2015).	
14	Grafene viser resultat fra Indre Barsnesfjord. MF2014-3 og MF2014-5 viser <i>Eunotia Species</i> i prosent. Det grå rektangelet viser hvor 1982 er beregnet til å være (Tysnes et al. 2015).	25
15	Grafene viser resultat fra Indre Barsnesfjord. MF2014-3 og MF2014-5 viser <i>Cymbella aspera (Ehrenberg) Peragallo</i> i prosent. Det grå rektangelet viser hvor 1982 er beregnet til forstyrrelser i kjernen (Tysnes et al. 2015).	25
16	Grafene viser resultat fra Ytre Barsnesfjord. MF2014-7 og MF2014-8 viser prosenten av ferskvannsdiatoméer i kjerneprøvene. Den grå stripen viser hvor 1982 er beregnet til å være og de tre røde rektanglene i MF2014-8 viser hvor det er funnet tegn til forstyrrelser i kjernen (Tysnes et al. 2015).	25
17	Grafene viser resultat fra Ytre Barsnesfjord. MF2014-7 og MF2014-8 viser <i>Tabellaria flocculosa</i> i prosent. Den grå stripen viser hvor 1982 er beregnet til å være og de tre røde rektanglene i MF2014-8 viser hvor det er funnet tegn til forstyrrelser i kjernen (Tysnes et al. 2015).	26
18	Grafene viser resultat fra Ytre Barsnesfjord. MF2014-7 og MF2014-8 viser <i>Eunotia Species</i> i prosent. Den grå stripen viser hvor 1982 er beregnet til å være og de tre røde rektanglene i MF2014-8 viser hvor det er funnet tegn til forstyrrelser i kjernen (Tysnes et al. 2015).	26
19	Grafene viser resultat fra Ytre Barsnesfjord. MF2014-7 og MF2014-8 viser <i>Cymbella aspera(Ehrenberg) Peragallo</i> i prosent. Den grå stripen viser hvor 1982 er beregnet til å være og de tre røde rektanglene i MF2014-8 viser hvor det er funnet tegn til forstyrrelser i kjernen (Tysnes et al. 2015).	26
20	Temperaturen i grader celsius (°C) er hentet fra værstasjonene på Fjærland og nedbør i millimeter er hentet fra værstasjonen på Hafslø (Figur 1). Det er regnet ut årsgjennomsnittet i begge grafene.	27
21	Legende som forklarer den grafiske modellen (Figur 22) som inneholder tegnforklaring og fargekoder (Tysnes et al. 2015).	32
22	Grafisk modell som bruker legenden (Figur 21; Tysnes et al. 2015). Modellen viser momenter som har påvirket Barsnesfjorden på negative og positive måter.	32

Tabelliste

Tabell	Tabelltekst	Sidetail
1	Viser lokaliteten, dybden og kjernelengden til prøvene MF2014; N=Nord; E=Øst; IB=Indre Barsnesfjord; YB=Ytre Barsnesfjord (Tysnes et al. 2015).	20
2	Lokaliteten til de forskjellige værstasjonene.	27
3	Tabellen viser et sammendrag av Tysnes et al. (2015) sin grafiske modell med tilleggsopplysninger om diatoméer. Den røde fargen viser en minking og den grønne fargen viser en økning etter 1980-tallet.	29

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

I sin publikasjon om historiske endringer i Barsnesfjorden, Vest-Norge, har Paetzel & Schrader (1992) blant annet funnet ut at bygging av vannkraftverket ved Årøy (Figur 1) ikke har hatt innflytelse på miljøet og avsetningene i fjorden.

Nye dateringer og innhold i avsetningene siden 1980-tallet (Paetzel & Dale 2010) tyder derimot på at endret utslippsmønster gjennom driften av vannkraftverket kan ha medført endringer i tilførselen av blant annet næringsalter til Barsnesfjorden (Matthias Paetzel 2015, *personlig meddelelse*).

Endret innhold av næringsalter burde medføre endringer i primærproduksjonen, og dermed endring i organisk materiale i fjorden; se Syvitski et al. 1987 for et sammendrag.

I 2014 ble det satt i gang et prosjekt som på nytt fokuserer på endringene som har skjedd i Barsnesfjorden ved å belyse avsetningene i Barsnesfjorden over de siste 50 årene med fokus på endringer av tilførselen av materiale til Barsnesfjorden siden 1980-tallet.

Den foreliggende oppgaven tar for seg endringer i tilførselen av materiale til Barsnesfjorden ved å se på sammensetningen av ferskvannsdiaatoméer før og etter byggingen av vannkraftverket på Årøy i 1982. Oppgaven baserer sine resultater på en parallell undersøkelse av samme materiale som tar for seg endringene i tilførselen av det partikulære materiale, inkludert bestemmelsen av sedimentasjonsrater utført av Tysnes et al. (2015).

1.2 Målsetninger

Barsnesfjorden er et marint miljø der det ikke produseres ferskvannsdiaatoméer.

Forekomsten av ferskvannsdiaatoméer i avsetningene i Barsnesfjorden skyldes derfor endringer i tilførselen av disse fra ferskvannsområder på land. Etter 1982 ble kraftverket Årøy bygget ut og Årøyelvi ble lagt i rør fra Hafslovatnet til nederste del av Årøyelvi.

Mulige endringer i sammensetningen av ferskvannsdiaatoméer i Barsnesfjorden kan skyldes

enten (A) endringer i ferskvannsdiaatoméenes levevilkår i kildeområdet, det vil si i Hafslovatnet, (B) endringene i transportmekanismen fra kildeområdet (Hafslovatnet) til Barsnesfjorden eller (C) endringer i avsetningsmekanismene i Barsnesfjorden.

For å finne ut om slike endringer har forekommet, her inkludert mulige årsaker, her skal det gis svar på følgende spørsmål:

Målsetning 1

Har sammensetningen av ferskvannsdiaatoméene som tilføres sedimentene i Barsnesfjorden endret seg i tiden fra før 1980-tallet til tiden etter 1980-tallet?

Målsetning 2

Dersom det finnes endringer i sammensetningen av ferskvannsdiaatoméene, kan disse endringene knyttes til sine respektive årsaker?

Målsetning 3

Kan det lages en enkel grafisk modell som forklarer de observerte endringene?

1.3 Forklaring på målsetningene

1.3.1 Målsetning 1

For å komme fram til et svar på målsetning 1 må først dateringen av sedimentene skisseres. Her blir det vist til litteratur fra tidligere datering av sedimentkjerner i Barsnesfjorden (Paetzel & Schrader 1991; Paetzel & Dale 2010). Disse dateringene er allerede overført til det foreliggende kjernemateriale ved Tysnes et al. (2015) og vil tilsvarende bli brukt i denne oppgaven. Sammensetningen av ferskvannsdiaatoméene bestemmes ut fra smørepreparater. Denne metoden blir fortrunket framfor rene diatomépreparater fordi resultatene lett kan kobles til endringer i det minerogene og organiske partikulære materiale fra samme prøve (Tysnes et al. 2015). Diatoméene vil bli sett på i prosentvis fordeling framfor absolutte tellinger, noe som er ulempen med tellinger fra smørepreparater.

1.3.2 Målsetning 2

For å komme fram til et svar på målsetning 2 skal det ses på mulige endringer i kildeområder. Vannstanden i Veitastrondvannet og Hafsløvatnet er blitt regulert ned med ca. 2m ved utbyggingen av kraftverket på Årøy (Trygve Fosse 2014, *personlig meddelelse*). Reguleringen har ført til en minking i gjennomstrømningshastigheten mellom innsjøene (Tysnes et al. 2015). Denne endringen kan ha påvirket transportmekanismen av ferskvannsdiaatoméene til fjorden. Ifølge Torbjørn Dale (2015, *personlig meddelelse*) er det blitt en økning av mudderflater og krypsiv langs breddene av Hafsløvatnet etter utbyggingen. Økning i krypsiv kan skyldes endringer i tilførselen av næringsstoffer, noe som på sin side utvasking fra mudderflatene kan være årsaken for. Mulige endringer i kilder kan også være klimatisk betingete endringer eller endringer i transportmekanismen. Under utbyggingen av Årøykraftverket blir elveleiet til Årøyelvi tørrlagt. Vannet til kraftverket blir tatt inn på 6m vanddyb fra Hafsløvatnet etter 1982. Overløp gjennom det gamle elveleiet finner kun sted i perioder med veldig høy vannstand i Hafsløvatnet (Trygve Fosse 2014, *Personlig meddelelse*).

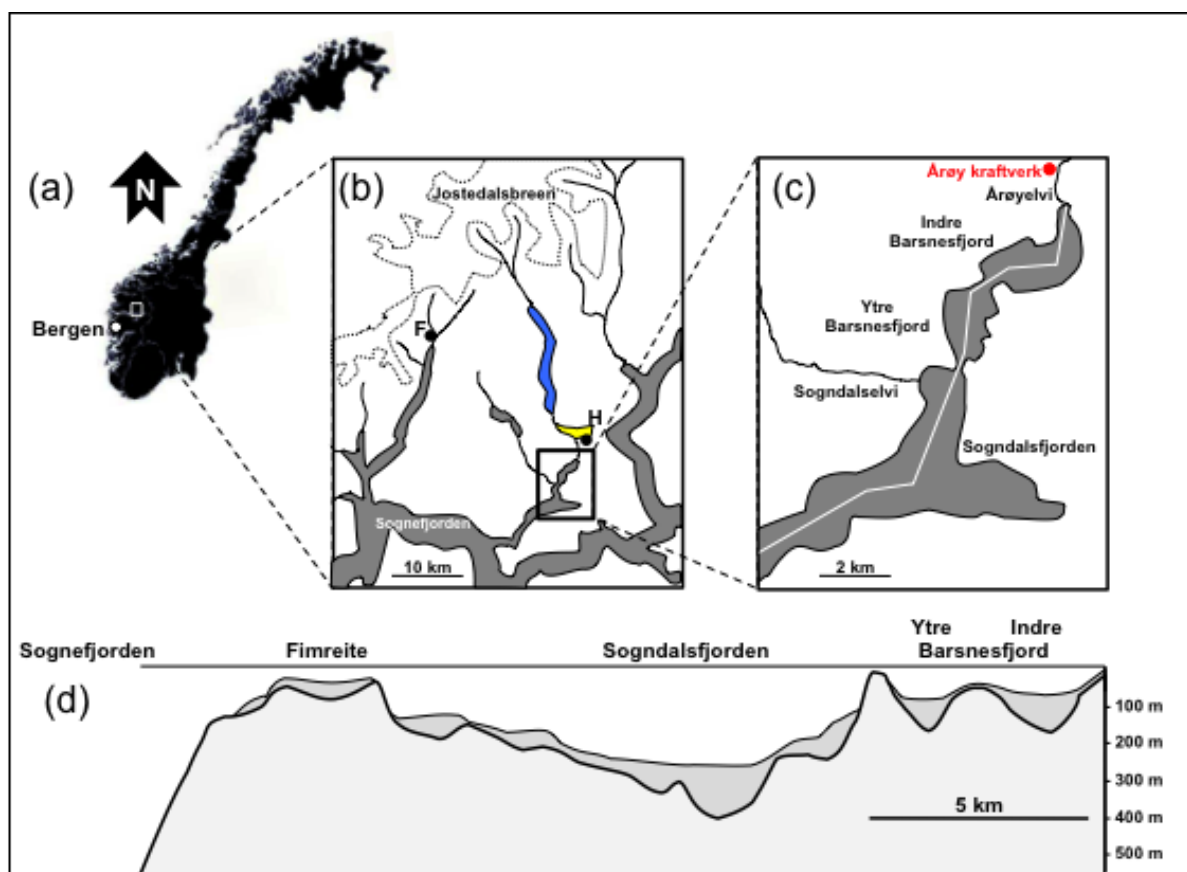
1.3.3 Målsetning 3

På målsetning 3 skal det lages en grafisk modell som viser hovedårsakene til endringer i avsetningen av ferskvannsdiaatoméer i Barsnesfjorden i henhold til endringer som har pågått i kildeområdet. Modellen er tenkt å ta utgangspunkt i tilførselsmodellen foreslått av Tysnes et al. (2015) og skal representere et tillegg til den.

2. Teori

2.1 Områdebeskrivelse

Barsnesfjorden er en fjordarm fra Sogndalsfjorden i Vest-Norge. Sogndalsfjorden er sør-vest vendt med tilknytning til Sognefjorden i sør. Barsnesfjorden består av to basseng, Indre og Ytre Barsnesfjord. Kildeområdene for ferskvannstilførselen til Barsnesfjorden er Jostedalsbreen, som drenerer til Barsnesfjorden gjennom innsjøene Veitastrondvannet og Hafslotvatnet (Figur 1). Originalt er Årøyelvi vannføreren mellom Barsnesfjorden og Hafslotvatnet.



Figur 1 Kart over (a) Norge, (b) Sognefjorden, Vest-Norge. Det blå vannet er Veitastrondvannet og det gule vannet markerer Hafslotvatnet. Bokstaven F viser lokaliteten for værstasjonene i Fjærland, mens bokstaven H viser lokaliteten til værstasjonen på Hafslø, (c) Sogndal- og Barsnesfjorden. Den røde prikken og skriften viser lokaliteten til Årøy kraftverk. Den hvite linjen som går igjennom fjordene viser hvor det er laget et lengdeprofil. (d) Lengdeprofil av batymetrien til Sogndal- og Barsnesfjorden (Figuren er brukt etter Paetzelt og Dale 2010)

2.2 Geologi og avsetninger

Dette avsnittet tar utgangspunkt i den geologiske beskrivelsen av området gjort av Brynhi et al. (1989). Geologien i området er preget av å ha ligget midt i en skyvesone fra den kaledonske fjellkjededannelsen. Tre forskjellige lag er synlige i berggrunnen: gneisgranitt, fyllittisk skifer og bergarter fra det kaledonske skyvedekket, mest anortosittiske bergarter. I tillegg finnes det mylonitter som bekrefter tilstedeværelsen av tektonisk aktivitet under dannelsen. Disse omtalte bergartene består for det meste av silikatmineraler, noe som gjør de til naturlige kilder for silisium som trengs for skallbyggingen av diatoméer. Dateringer fra berggrunnen i området viser at de fyllittiske skifrene var en del av dyphavssedimenter som ble skjøvet på land under den kaledonske fjellkjededannelsen. Disse ble i slutten av fjellkjededannelsen overskjøvet av de omtalte eldre anortosittiske bergartene som i dag ligger stratigrafisk over den fyllittiske skiferen.

Dette illustrerer innvirkningen av den tektoniske aktiviteten da den kaledonske fjellkjeden ble dannet i Silur for ca. 430 millioner år siden.

Kvartærtiden var preget av vekslingen mellom glasiale og interglasiale tider igjennom de 2 millioner siste år. De vekslende isbevegelsene har stått for mye av erosjonen av berggrunnen i glasiale tider og landhevning med elvedannelse i interglasiale tider. Disse to faktorene er hovedårsaken til utseende av dagens landskap. Isbreenes bevegelser har erodert fram fjordene til og med under havnivået. For Barsnesfjorden har isen beveget seg i en sør-vest vendt retning mot slutten av siste (Weichsel-)istid.

2.3 Barsnesfjordens batymetri

Batymetrien i Barsnesfjorden er preget av isbreenes erosjon med terskler og traue (Andersen 2000).

Barsnesfjorden er en terskelfjord som består av to basseng. Et indre basseng på 66m dyp og et ytre på 80m. Det som skiller bassengene fra hverandre og fra Sogndalsfjorden er terskler. Den ytterste terskelen mot Sogndalsfjorden er på 8m dyp, mens terskelen som skiller Barsnesfjordbassengene fra hverandre er på 29m dyp (Figur 1; Paetzel & Dale 2010). Barsnesfjorden har estuarin sirkulasjon (Pritchard 1952; 1955). Ferskvannet som strømmes ut fra Årøyelvi har lavere tetthet og legger seg på toppen av det tettere og dermed tyngre

saltvannet. Dette medfører til tider dårlig sirkulasjon av innkommende saltvann til Barsnesfjorden (Kaufmann 2014). Ferskvannet ligger i sommersesongen som et lokk på vannstrømmene fra havet (Syvitski et al. 1987). Dette er hovedgrunnen til at indre bassenget er anoksisk, mens det ytre bassenget er i perioder oksisk (Kaufmann 2014).

2.4 Sedimentasjonsrate i Barsnesfjorden

Sedimentasjonsratene som brukes for Barsnesfjordsedimentene er de sedimentasjonsratene som Tysnes et al. (2015) bruker for samme kjernemateriale i sitt parallelle arbeid. Tysnes et al. (2015) baserer sine sedimentasjonsrater på dybde-tid forholdet utarbeidet av (Paetzel & Schrader 1991) og Paetzel & Dale (2010).

Paetzel & Schrader (1991) og Paetzel & Dale (2010) har estimert sedimentasjonsratene for Ytre Barsnesfjord til 0,75 cm/år og for Indre Barsnesfjord til et minimumsestimat på 0,68cm/år og et maksimumsestimat på 0,85cm/år. Tysnes et al. (2015) justerte ned maksimumssedimentasjonsraten i Ytre Barsnesfjord til 0,84cm/år. Det er disse tre sedimentasjonsratene (Ytre Barsnesfjord: 0,75cm/år; Indre Barsnesfjord: 0,68 til 0,84cm/år) som også er brukt i den forliggende oppgaven.

2.5 Biologisk produksjon

Planteplankton står for primærproduksjonen i kystnære marine områder, deriblant fjorder med estuarine forhold (Sakshaug 1992). I fjorder foregår all oppblomstringen innenfor den fotiske sonen i det stabile overflatevannet (Syvitski et al. 1987). Oppblomstringen foregår som regel i løpet av våren og høsten (Dale & Hovgaard 1993).

Turbiditet spiller også inn på oppblomstringen av diatoméer. Det er viktig at lys slipper igjennom det øverste vannlaget for at en oppblomstring av diatoméer skal være til stede (Matthias Paetzel, *personlig meddelelse*).

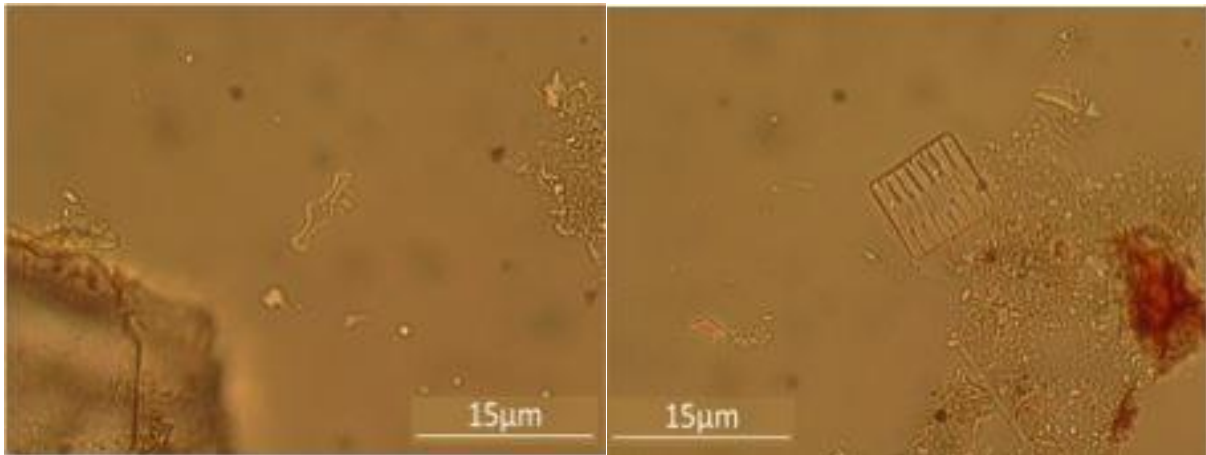
2.6 Diatoméenes forekomst og levesett

Diatoméer kalles også kiselalger. De finnes både i fersk- og saltvann. De er encellede eller kolonidannende mikro-alger og med et skall av kisel ($\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; <http4>). Når diatoméene dør

synker skallet ned til bunnen og blir avsatt (http5). I sedimentene er det det avsatte silisiumskallet som kan sees i mikroskopet. Størrelsen kan variere fra 3µm til 2mm (http3). De er fotosyntetiske som vil si at de trenger lys og næring for å leve (http3). Diatoméer deles opp i to grupper; Pennate diatoméer og sentriske diatoméer. De sentriske diatoméene vokser med en symmetri rundt et midt punkt mens de pennate vokser med en symmetri ut fra en linje (Barber & Haworth 1981). De forskjellige artene foretrekker forskjellige habitat. Noen arter er bentiske og lever på bunnen av innsjøer og hav. Artene som lever i vannmassene kalles planktonisk. Andre arter lever epifyttisk som vil si at de lever på planter og enkelte arter lever på stein eller fast substrat som kalles epilittisk (Barber & Haworth 1981).

2.6.1 *Tabellaria flocculosa*

Tabellaria flocculosa er en planktonisk og epifyttisk ferskvannsdiatomé (Barber & Haworth 1981). *Tabellaria flocculosa* blir lite påvirket av lave temperaturer eller lite tilgang til lys (Knudson 1957). Arten er lett gjenkjennelig med sitt karakteristiske utseende. For å beskrive utseende blir systemet i boken av Barber & Haworth (1981) brukt. Utseende til den pennate *tabellaria flocculosa*: fra skallsiden så er den lineær med en blanding av medial mucus pore og to polare mucus porer med flate («spatulate») ender. Innsiden består av fine transapikale striper (striae) som er parallelle (Figur 2 venstre bildet). Koloniene i side-visning danner en sikksakk kjede, og man kan se at kolonien består av encellede *Tabellaria flocculsa*-segmenter bygget oppå hverandre, ved strekene som går inn i kolonien (Figur 2 høyre bildet).



Figur 2 Bildet til venstre viser en enkel segment av *Tabellaria flocculosa* vist fra skallsiden (fra Laboratoriumsguide av Matthias Paetzel 2015, *personlig meddelelse*) og bildet til høyre viser en koloni av *Tabellaria flocculosa* sett fra siden (fra Laboratoriumsguide av Matthias Paetzel 2015, *personlig meddelelse*)

2.6.2 *Eunotias species*

Eunotia species er ferskvannsdiatoméer som er bentiske (Barber & Haworth 1981). At *Eunotia species* finnes i mange forskjellige former gjør det til tider vanskelig å gjenkjenne de på artsnivå. Felles til alle artene er at de er surhetselskende organismer som foretrekker syrlige forhold med en $pH < 7$ (Herlory et al. 2013). *Eunotia species* blir ikke påvirket av geografien eller av temperaturforskjeller (Ortiz-Lerín 2007). Alle er pennate og med striae inni seg (Figur 3-5; Barber & Haworth 1981).



Figur 3 Det venstre bildet viser utseende til *Eunotia bilunaris* (Ehrenberg) Mills i skallvisning. Det er den største diatoméen i midten som er fremhevet (fra Laboratoriumsguide av Matthias Paetzel 2015, *personlig meddelelse*) og bildet til høyre viser utseende på *Eunotia diadon* Ehrenberg (Laboratoriumsguide av Matthias Paetzel 2015, *personlig meddelelse*) i skallvisning.



Figur 4 Bildet til venstre viser utseende til *Eunotia praeupta* Ehrenberg i skallvisning (fra Laboratoriumsguide av Matthias Paetzel 2015, *personlig meddelelse*) og bildet til høyre viser utseende til *Eunotia pectinalis* (Kuetzing) Rabenhorst i skallvisning (fra Laboratoriumsguide av Matthias Paetzel 2015, *personlig meddelelse*).



Figur 5 Bildet til venstre viser utseende til *Eunotia robusta* Ralfs i skallvisning (fra Laboratoriumsguide av Matthias Paetzel 2015, *personlig meddelelse*) og bildet til høyre viser utseende til *Cymbella aspera* (Ehrenberg) Peragallo i skallvisning (fra Laboratoriumsguide av Matthias Paetzel 2015, *personlig meddelelse*).

2.6.3 *Cymbella aspera*(Ehrenberg) Peragallo

Cymbella aspera er en ferskvannsdiatomé som lever på geleaktige masser som befinner seg på planter og steiner. Arten er derfor både epifyttisk og epilittisk (Barber & Haworth 1981). Denne arten er også pennat, og utseende kan beskrives som asymmetrisk, isopolar og semisirkular og endende er sigdformet («sigmoidly cuneate») fra skallsiden. Inni er den transapikale og gjennomgåene parallelle striae. All informasjon om utseende til diatoméene er hentet fra boken til Barber & Haworth (1981).

2.7 Vannkraftverket på Årøy

Årøy kraftverk er et vannkraftverk som utnytter vannet fra nedbør, dvs. avrenning, og fra smeltevann fra de sørlige seidebreene til Jostedalbreen som drenerer gjennom innsjøene Veitastrondvannet og Hafslovatnet til Barsnesfjorden. Årøy kraftverk startet med å bygge et kraftverk i 1943. Det første kraftverket består av et aggregat som produserer 4 Mwh i året. Dette kraftverket (Figur 6, Årøy I) endret ikke vannføringen fra Hafslovatnet og nedover til fjorden. I senere tid ble et større kraftverk bygget som sto ferdig etter 1982. Det nye kraftverket er betydelig større som gir en årsproduksjon på 350 Gwh (Figur 6 Årøy II). Da det nye kraftverket ble bygget ble Årøyelvi nesten helt tørrlagt. Grunnen til det er at Hafslovatnet ble demmet opp for å gi vann til kraftverket. Uttaket for det nye kraftverket ligger på 6m dyp under vannoverflaten (Figur 6 tverrsnitt). Under byggingen av det nye kraftverket ble det gjort endringer på Veitastrondvannet og Hafslovatnet. Veitastrondvannet ble regulert ned med ca. 2m til nærmest samme høyde som Hafslovannet ved å legge et rør mellom vannene (Figur 6, tverrsnitt). Kraftverket har opprettholdt mengden vann som slippes ut hvert år (Trygve Fosse 2014, *personlig meddelelse*). Mønsteret i utslipp er derimot blitt forandret. Før kraftverket ble bygget var det et høyere utslipp av vann på våren og sommeren da smeltevann og regn bestemte hvor mye vann som strømmet gjennom Årøyelvi. Siden Hafslovatnet nå blir regulert har utslippet om våren og sommeren minket og utslippet på vinteren har økt (Torbjørn Dale 2015, *personlig meddelelse*). Ifølge Skreslet (2011) kan økt vinteravløp fra vannkraftverk føre til et lag med ferskere vann i fjordenes øverste vannsjikt. Det vil bety økt stratifisering av vannmassene også om vinteren, noe som kan hindre vannutvekslingen med Sogndalsfjorden i større grad enn før. Kaufmann (2014) har tilsvarende observert en økning i avstanden mellom vannutskiftninger i Barsnesfjorden fra hvert andre eller tredje år på 1960-tallet til hvert tredje eller fjerde år på 1990-tallet og fram til i dag.



Figur 6 Bildet av anlegget Årøy kraftverk og omgjøringene ved utbyggingen. Den øverste illustrasjonen viser anlegget ovenfra og illustrasjonen som er nederst viser et tverrsnitt av anlegget. Årøy I, det gamle kraftverket og Årøy II, det nye kraftverket er skrevet med store bokstaver. Illustrasjonen viser at det er lagt rør mellom Veitastrondevannet og Hafslovatnet. Illustrasjonen viser at inntaket av vann til kraftverket er på sørsiden i Hafslovatnet. Bildet er tatt fra innsiden av kraftverket med tillatelse fra Trygve Fosse 2014, *personlig meddelelse*.

2.8 Tidligere arbeid

”Heavy metal (Zn, Cu, Pb) accumulation in the Barnesfjord: Western Norway” av Paetzel M & Schrader H 1991.

I denne studien blir Barsnesfjorden analysert for tungmetaller. For å datere kjernene ble det for første gang i Norge brukt ^{137}Cs fra atomkraftverkulykken i Tjernobyl, 1986 og fra atomvåpentestingene i blant andre stillehavsområdene med global maksimumutslipp i 1963. I studien finner de ut at tungmetallene som finnes i fjorden stammer fra naturen og bergartene i områdene rundt kildeområdene og ned til Barsnesfjorden.

”Recent environmental changes recorded in anoxic Barsnesfjord sediments: Western Norway” av Paetzel M & Schrader H 1992.

I denne utgivelsen blir det undersøkt om det har hendt noen miljøendringer i Barsnesfjorden. Organisk karbon, vanninnhold, porøsitet og tetthet i avsetningene blir brukt for å undersøke om det har hendt eventuelle endringer. Det blir brukt historiske skredhendelser, sesong avsetninger og ^{137}Cs for å datere kjernene. De finner ut at miljøet i fjorden har endret seg etter en oppdemming av Hafslovatnet etter en sprengningsulykke i 1904. De kommer også fram til at Årøy Kraftverk har hatt liten til ingen påvirkning på Barsnesfjorden.

”Climate proxies for recent fjord sediment in the inner Sognefjord region, western Norway” av Paetzel M & Dale T 2010.

I denne undersøkelsen skal det forskes på om klima har påvirket avsetningene i Barsnesfjorden. Klima blir satt opp mot diatoméer og partikulær materiale for å se om det er noen sammenhenger. De konkluderer med at de regionale klimaforandringene har hatt en innvirkning på sedimentene i fjorden de siste 20årene. Solaktivitet og NAO-index har også påvirket Barsnesfjorden.

”Endringer i sammensetningen av sedimenter i Barsnesfjorde, Vest-Norge, over de siste 50 år” av Tysnes A, Røthe Bøen M & Svenheim Rongved JA 2015.

I denne studien skal det undersøkes om det er noen endringer i sedimentene fra Barsnesfjorden før og etter 1980-tallet. Terrestrisk materialet, marint materialet og klima blir analysert for å påvise eventuelle tendenser. De kommer fram til at Årøy kraftverk ikke har hatt noen innvirkning på fjorden. Endringene som har hendt er på grunn av klimaforandringer og utbyggingen i innsjøene, Veitastrondvannet og Hafslovatnet.

3. Metode

3.1 Prøvetaking

Sedimentkjernene blir hentet opp med en Niemistö prøvetaker (Niemistö 1974), en type fallprøvetaker, fra båten «RV Knut» fra Akvakulturstasjonen på Skjer ved Sogndal. Prøvene blir hentet opp sammen med «From Mountain to Fjord»-studentene. Fallprøvetakeren består av et rør på 50cm som bruker sin egen tyngde til å presse seg ned i fjordbunnen. Inni prøvetakeren blir det plassert et PVC-rør som kjernen oppbevares i. På siden av røret er det en sedimentfanger som blir lukket når prøvetakeren trekkes opp (Figur 7). Når prøvetakeren er i båten settes den på en plate i det sedimentfangeren åpnes. Deretter blir plastrøret fjernet fra prøvetakeren og et nedre plastlokk settes på plastrøret. Deretter fylles det på litt saltvann helt i toppen av kjerneprøven for å bevare sedimentoverflaten under transport og for å beholde fuktigheten til prøven. Kjerneprøven må stå loddrett under prøvetaking, transport og lagring for å beholde strukturen i kjernen. Til slutt blir topplokket plassert på plastrøret og kjernen merkes med navn, dato og lokalitet. Denne prosessen blir gjentatt på forskjellige steder og i Tabell 1 (Tysnes et al. 2015) er det en oversikt over hvor de forskjellige kjernene ble tatt. Det er laget oversikts kart hvor de forskjellige lokalitetene er markert inn (Figur 8).

Under åpningen av kjerneprøvene fjernes topplokket først. Deretter blir alt vannet som befant seg i toppen av prøvene tatt ut. Papir plasseres i toppen slik at sedimentene ikke bevege seg i det røret legges ned horisontalt. Begge sidene av plastrøret blir sagt opp med en elektrisk metalsaks, Makita Model JS1660, slik at det er mulig å dele prøvene til to halvdel. For å dele kjernen brukes en nylontråd som skjærer prøven i to. Det blir brukt en spade for å glatte kjerneoverflatene av halvdelene. Spaden brukes slik at prøvene ikke er forurenset og at strukturene trer tydelig fram. Plastrørene markeres med centimetermål fra en sprittusj. Til slutt blir det tatt bilde av kjernen og fylt ut skjema om farge, struktur og

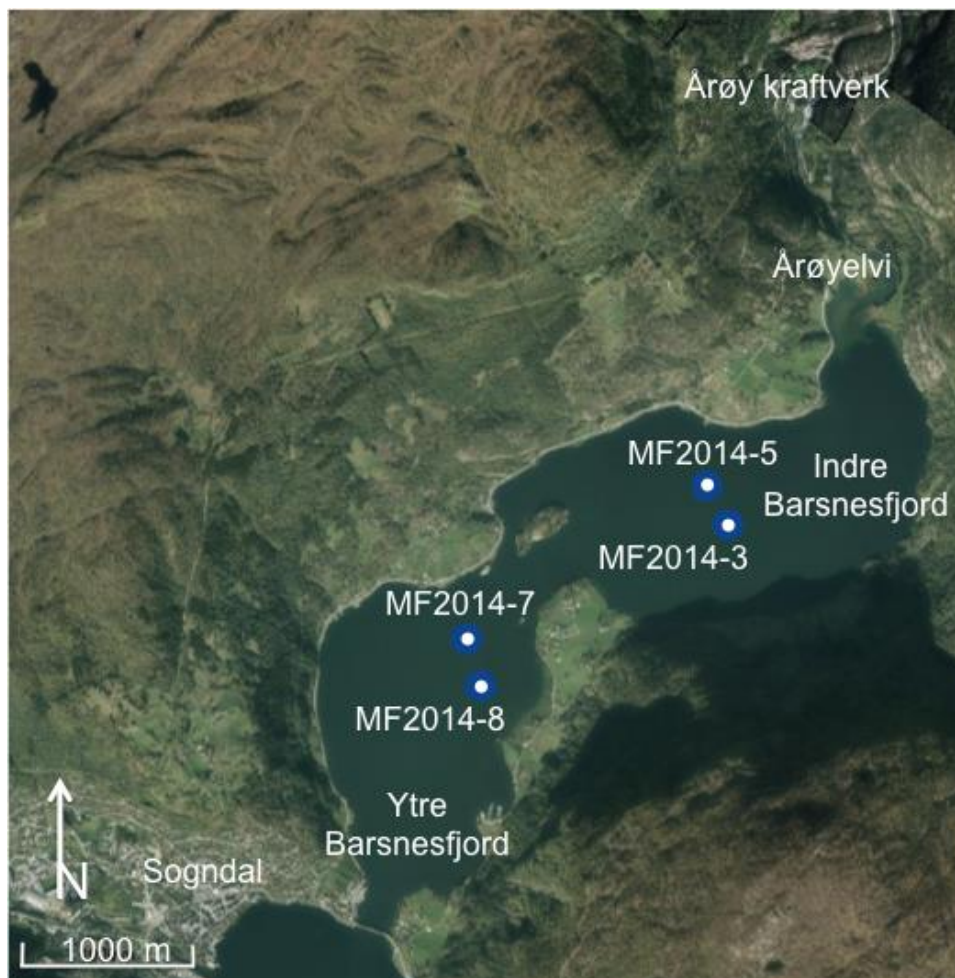


Figur 7 Niemistö prøvetaker (Niemistö 1974) med sedimentfangeren nede.

utseende og tegnet en skisse av hele kjernen. Dette gjøres før oksidasjon av sedimentet fører til at en del av strukturene i kjernen blir usynlige.

Tabell 1 Viser lokaliteten, dybden og kjernelengden til prøvene MF2014; N=Nord; E=Øst; IB=Indre Barsnesfjord; YB=Ytre Barsnesfjord (Tysnes et al. 2015).

Kjerne#	Breddegrad	Lengdegrad	Vanndyp	Kjernelengde
MF2014-3 (IB)	61° 15,250' N	7° 09,200' E	62,0 m	54,0 cm
MF2014-5 (IB)	61° 15,361' N	7° 09,038' E	62,2 m	52,5 cm
MF2014-7 (YB)	61° 14,800' N	7° 07,620' E	79,3 m	44,5 cm
MF2014-8 (YB)	61° 14,660' N	7° 07,750' E	81,0 m	39,0 cm

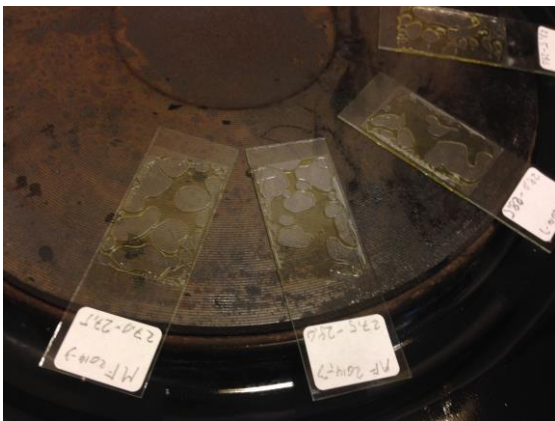


Figur 8 Lokaliteten til hvor de forskjellige kjernene er tatt i Barsnesfjorden. MF2014-3 og MF2014-5 er tatt i Indre Barsnesfjord og MF2014-7 og MF2014-8 er tatt i Ytre Barsnesfjord (Bildet er tatt fra Norgeskart.no, se <http1>).

3.2 Smørepreparat

Smørepreparater blir brukt for å forevige kjerneprøvene (Rothwell 1989). De vil kunne brukes av andre i ettertid. Det lages et smørepreparat for hver 0,5cm. Det blir laget forskjellig antall smørepreparater til de forskjellige kjernene. MF2014-3 og MF2014-8 består av 80 preparater. Det blir laget 103 preparater for MF2014-5 og MF2014-7 bestående av 88 preparater.

De 0,5cm med sediment legges på et preparat og tilført to dråper destillert vann. Dette blir gjort for å gjøre det lettere å blande og homogenisere sedimentene. Deretter blir en liten dråpe av det homogeniserte sedimentet overført på et mikroskop-dekkglass. Her tilføres det en dråpe Kodak PHOTO-FLO som blir brukt for å fjerne overflatespenningen av vannet. Dekkglasset blir under opphetning limt fast på et objektglass (Figur 9). Limet som brukes heter Naphrax (Brunel Microscopes Ltd.). Naphrax inneholder Toluen som er et kreftfremkallende



løsningsmiddel som fordampes under opphetning i et avtrekkskap. Det er viktig at Toluen fordampes fullstendig for å hindre at rester av løsningsmiddelet pustes inn under arbeidet i laboratorium og ved jobbing med smørepreparatene. Naphrax har en meget høy brytningsindeks på 1,74 som er nødvendig til og kunne se selv fine strukturer i skallene til diatoméene.

Figur 9 Smørepreparater blir varmet opp under lagingen for å fordampe Toluen.

3.3 Telling

Tellingene foregår gjennom et Leitz Aristoplan Trinocular Phase Contrast Mikroskop (Figur 10) ved å telle diatoméer langs midtstripen av hvert smørepreparat. Alle diatoméene som er innenfor en ramme i mikroskopet blir telt. I figur 10 vises rammen som brukes for tellingen. Noen av diatoméene som telles består av fragmenter. Da blir kun de som har en størrelse av halve diatoméen og større telt. Årsaken til fragmenteringen av diatoméene oppstår under transporten gjennom elvesystemet, tunnelsystemet og turbinene. Diatoméene er lett gjenkjennelig på grunn av sitt silisiumskall. Det brukes bilder med navn på de forskjellige artene for å skille ferskvannsdiatoméer fra marine diatoméer. Bildene er også til hjelp for å skille hva som er diatoméer og hva som ikke er diatoméer. Se avsnitt 2.6 om Diatoméer for bildene som blir brukt for å gjenkjenne de forskjellige artene (Figur 2-5).

Ferskvannsdiatoméartene som telles er *Cymbella aspera* (Ehrenberg) Peragallo, *Eunotia*

species (*Eunotia bilunaris* (Ehrenberg) Mills, *Eunotia diadon* Ehrenberg, *Eunotia nymanniana* Grunow, *Eunotia faba* (Ehrenberg) Grunow, *Eunotia monodon* (Ehrenberg), *Eunotia praerupta* (Ehrenberg), *Eunotia pectinalis* (Kuetzing) Rabenhorst, *Eunotia tenella* (Grunow) Hustedt, *Eunotia robusta* (Ralfs) og *Eunotia valida* (Hustedt)), *Fragilaria constricta* (Ehrenberg), *Navicula lyratae* gruppen, *Tabellaria flocculosa*. Årsaken til at kun disse artene blir telt er at det er disse som dominerer sammensetningen av ferskvannsdiatoméene i sedimentkjernene fra Barsnesfjorden. I tillegg til ferskvannsdiatoméene blir alle marine diatomeér telt for å kunne estimere forholdet mellom disse.



Figur 10 Bildet til venstre viser et Leitz Aristoplan Trinocular Phase Contrast Mikroskop som ble brukt under analyseringen av smørepreparatene (<http2>). Bildet til høyre viser det innerste rektangelet som ble brukt som mal for tellingen.

4. Resultat

4.1 Resultat

Kjerneprøvene er analysert i det de ble åpnet. Det er forskjellige lamineringer og fargekoder på de forskjellige kjernene. På bildet av de nyåpnede kjernene (Figur 11) skiller kjerne MF2014-8 seg kraftig ut med tanke på farge og lagdeling. Kjerne MF2014-8 er påvist av Tysnes et al. (2015) til å være forstyrret av flere rashendelser. Denne kjernen er derfor bare av betinget verdi for tolkningen av diatomédatabasene.

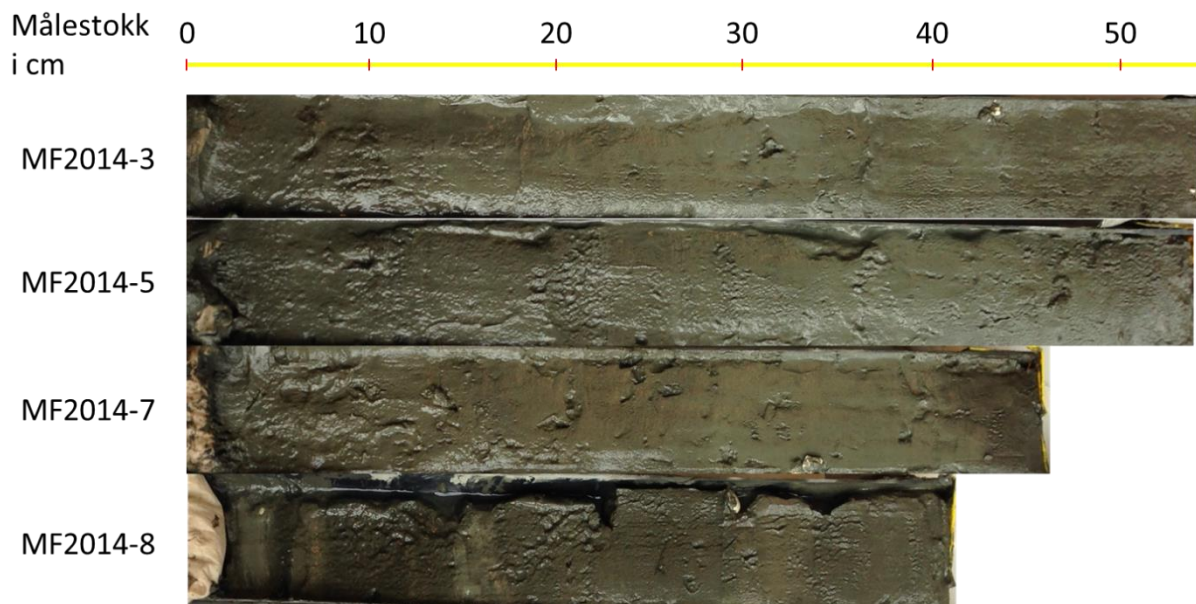
Det ble laget 351 smørepreparater og av de er 237 telt. I kjerne MF2014-3 og MF2014-8 er prosentandelen av ferskvannsdiatoméer på 4-5% totalt. Det er to forskjellige grupper som har telt. Tellingen ble overestimert av den ene gruppen på grunn av feil kvantifisering av de marine diatoméene. Dette er tatt hensyn til og er grunnen til at kjerne MF2014-5 og MF2014-7 er telt to ganger. Tellingen som er gjort i kjerne MF2014-5 og MF2014-7 kan brukes som en guide. Tellingen kan ikke brukes direkte på grunn av at prosentandelen ferskvannsdiatoméer ligger på en størrelsesorden 10 ganger så stor. Omtelling av 0-10cm og 30-40cm i MF2014-5 og MF2014-7 viser at prosentandelen ferskvannsdiatoméer ligger på rundt 4-5% også i disse kjernene. Dybdene 0-10cm og 30-40cm er plukket ut for å påvise eventuelle trender av likheter og avvik.

For Indre Barsnesfjord kan man se på grafen MF2014-3 at totalt prosent ferskvannsdiatoméer øker på rundt dybden 21,67cm og oppover i kjernen (Figur 12). Dette gjelder også hvis man ser på grafen til *Tabellaria flocculosa* (Figur 13) og *Cymbella aspera* (Figur 15). I kjernen MF2014-5 er det ikke mulig å se når økningen starter, men det er mulig å se forskjell på antall diatoméer ved 0-10cm og 30-40cm. I kjerne MF2014-5 gir en bekreftelse på økningen som er i kjerne MF2014-3.

For *Eunotia species* hender det omvendte av det som hender i de andre kjernene. Ved dybden 21,67cm starter det en minking i antall diatoméer oppover i kjernen (Figur 14).

I Ytre Barsnesfjord er tendensene like i alle diatomégrafer. I grafen om den totale prosenten ferskvannsdiatoméer i kjerne MF2014-7 ser man en tydelig minking i 0-10cm i forhold til 30-40cm sediment dyp (Figur 16). Man finner en bekreftelse av dette i kjerne MF2014-7 for alle undersøkte ferskvannsdiatoméarter (Figur 17-19). På alle grafer begynner minkingen rundt

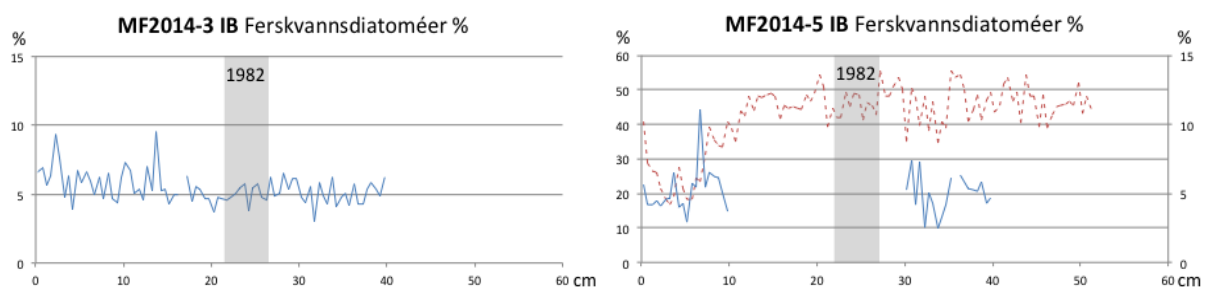
21,67cm dybde og oppover i kjernen.



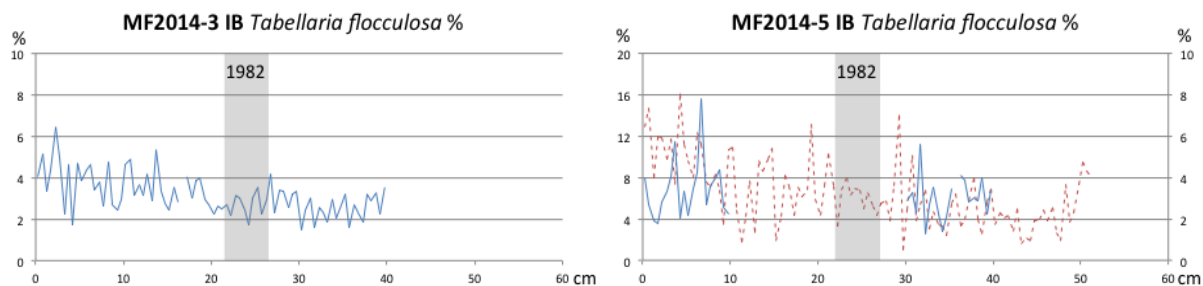
Figur 11 Kjernene i det de ble åpnet og analysert. Kjerne MF2014-8 skiller seg ut i farge og lagdeling (Tysnes et al. 2015).

4.2 Grafer

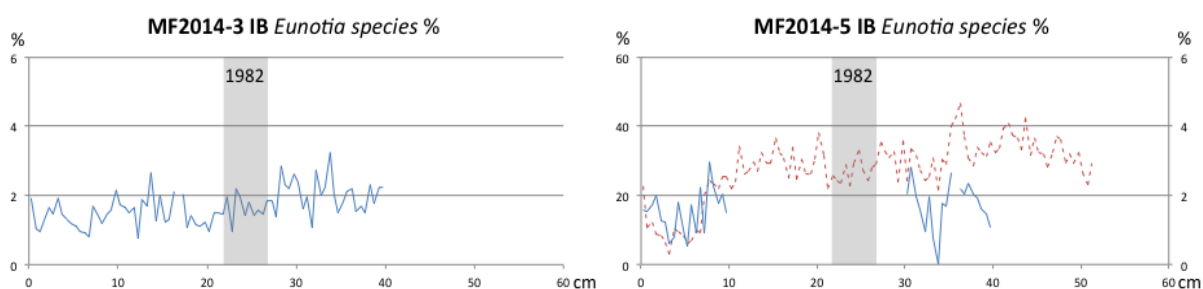
Tellingen er fylt inn i et excel-ark og regnet om til prosent for hver diatoméart og den totale prosenten for ferskvannsdiatoméer (Vedlegg, Rådata). Det er videre laget grafer av alle de forskjellige diatoméartene. Fokuset vil bli lagt på diatoméartene *Cymbella aspera* (Ehrenberg) Peragallo, *Eunotia species* og *Tabellaria flocculosa* for det er disse artene som forekommer mest av de diatoméene som dominerer Barsnesfjorden. Grafene til artene *Fragilaria constricta* (Ehrenberg), *Navicula lyratae* gruppen og *Meridon circulare* (Greville) Agardh ligger i vedlegget (Resterende grafer).



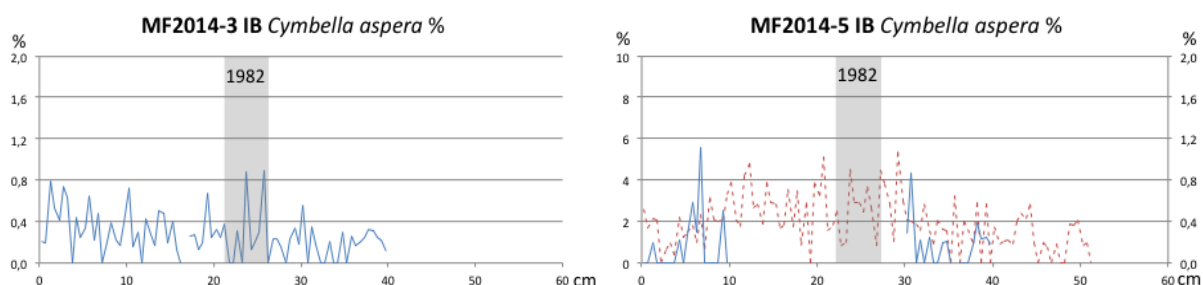
Figur 12 Grafene viser resultatet fra Indre Barsnesfjord. MF2014-3 og MF2014-5 viser prosenten av ferskvannsdiatoméer i kjerneprøvene. Det grå rektangelet viser hvor 1982 er beregnet til å være (Tysnes et al. 2015)



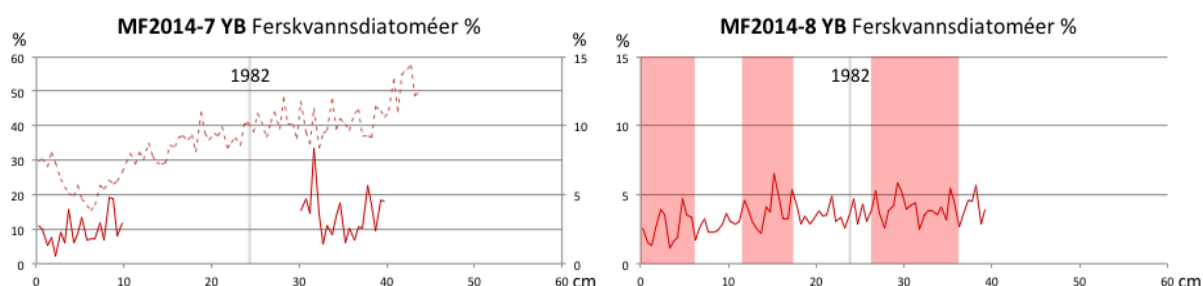
Figur 13 Grafene viser resultat fra Indre Barsnesfjord. MF2014-3 og MF2014-5 viser *Tabellaria flocculosa* i prosent. Det grå rektangelet viser hvor 1982 er beregnet til å være (Tysnes et al. 2015).



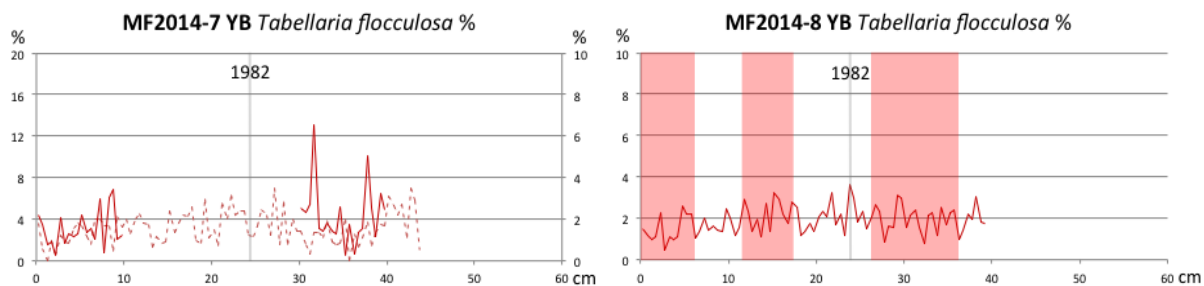
Figur 14 Grafene viser resultat fra Indre Barsnesfjord. MF2014-3 og MF2014-5 viser *Eunotia species* i prosent. Det grå rektangelet viser hvor 1982 er beregnet til å være (Tysnes et al. 2015).



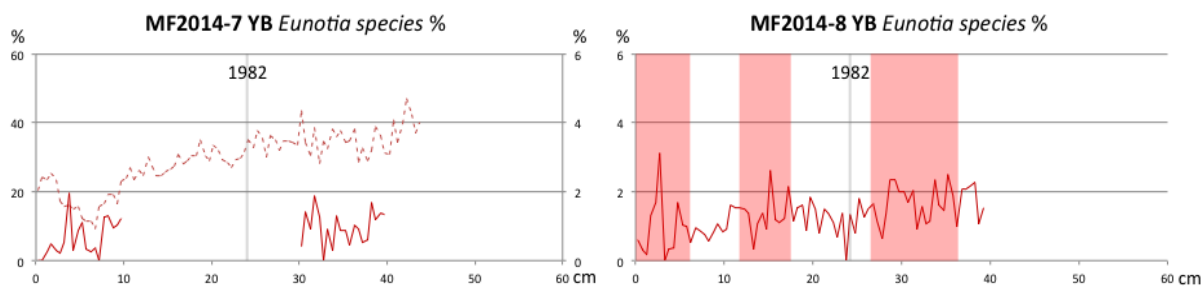
Figur 15 Grafene viser resultat fra Indre Barsnesfjord. MF2014-3 og MF2014-5 viser *Cymbella aspera* (*Ehrenberg*) *Peragallo* i prosent. Det grå rektangelet viser hvor 1982 er beregnet til forstyrrelser i kjernen (Tysnes et al. 2015).



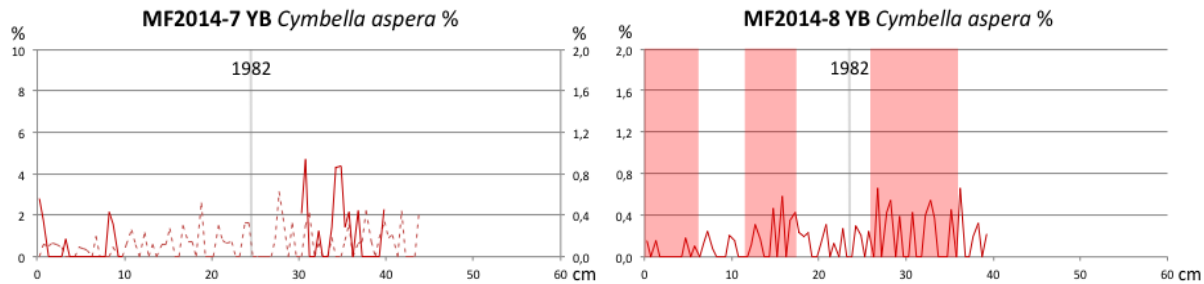
Figur 16 Grafene viser resultat fra Ytre Barsnesfjord. MF2014-7 og MF2014-8 viser prosenten av ferskvannsdiaatoméer i kjerneprøvene. Den grå stripen viser hvor 1982 er beregnet til å være og de tre røde rektangelene i MF2014-8 viser hvor det er funnet tegn til forstyrrelser i kjernen (Tysnes et al. 2015).



Figur 17 Grafene viser resultat fra Ytre Barsnesfjord. MF2014-7 og MF2014-8 viser *Tabellaria flocculosa* i prosent. Den grå stripen viser hvor 1982 er beregnet til å være og de tre røde rektanglene i MF2014-8 viser hvor det er funnet tegn til forstyrrelser i kjernen (Tysnes et al. 2015).



Figur 18 Grafene viser resultat fra Ytre Barsnesfjord. MF2014-7 og MF2014-8 viser *Eunotia Species* i prosent. Den grå stripen viser hvor 1982 er beregnet til å være og de tre røde rektanglene i MF2014-8 viser hvor det er funnet tegn til forstyrrelser i kjernen (Tysnes et al. 2015).



Figur 19 Grafene viser resultat fra Ytre Barsnesfjord. MF2014-7 og MF2014-8 viser *Cymbella aspera*(Ehrenberg) *Peragallo* i prosent. Den grå stripen viser hvor 1982 er beregnet til å være og de tre røde rektanglene i MF2014-8 viser hvor det er funnet tegn til forstyrrelser i kjernen (Tysnes et al. 2015).

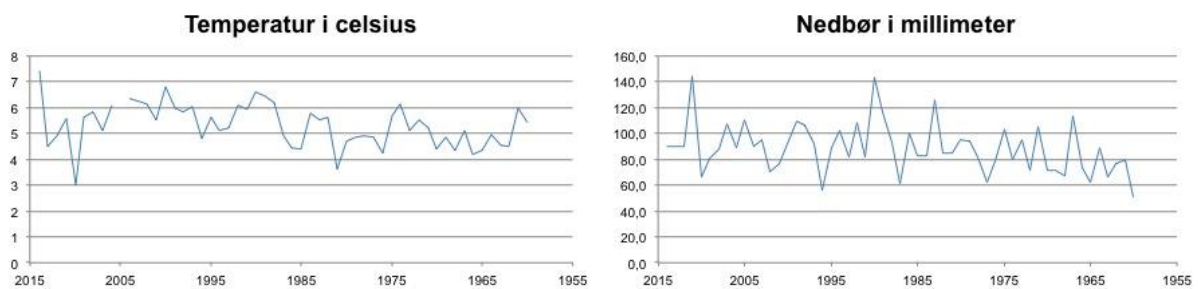
4.3 Klima

Klimaopplysningene er hentet fra <http://eklima.no> som er den offentlige databanken til Det Norske Meteorologiske Institutt. Det er hentet månedlige temperaturmålinger fra værstasjonene i Fjærland (Figur 1; Tabell 2). Nedbørsmålinger er hentet fra værstasjonen på Hafslo (Figur 1; Tabell 2). Det er hentet ut målinger av månedlig nedbør. Deretter er det laget en tabell med gjennomsnittmålinger for hvert år av begge typene. Disse tabellene blir framstilt som grafer som vist i Figur 20.

Tabell 2 Lokaliteten til de forskjellige værstasjonene.

Stasjon#	Navn	Breddegrad	Lengdegrad	Moh
55820	Fjærland - Bremuseet	61°25'23.9"N	6°45'51.1"E	3
55840	Fjærland - Skarestad	61°26'17.9"N	6°46'05.9"E	10
55550	Hafslo	61°17'33.0"N	7°11'19.3"E	246

Det er en svak økning i temperaturgrafene. Temperaturen øker kontinuerlig med tiden. Også i nedbørsgrafene er det en kontinuerlig økning. Økningen her er tydeligere i forhold til temperaturøkningen.



Figur 20 Temperaturen i grader celsius (°C) er hentet fra værstasjonene på Fjærland og nedbør i millimeter er hentet fra værstasjonen på Hafslo (Figur 1). Det er regnet ut årsgjennomsnittet i begge grafene.

5. Diskusjon

5.1 Målsetning 1

Har sammensetningen av ferskvannsdiaatoméene som tilføres sedimentene i Barsnesfjorden endret seg i tiden fra før 1980-tallet til tiden etter 1980-tallet?

Dateringen på sedimentene ble overført fra undersøkelsene til Tysnes et al. (2015).

I alle grafene fra resultatet (Figur 12-19) kan det påvises enten en tendens til økning av ferskvannsdiaatoméer oppover i sedimentkjernene eller en tendens til minking av ferskvannsdiaatoméer oppover i sedimentkjernene.

Ved å se på grafene med den totale prosentandelen ferskvannsdiaatoméer i figurene 12 og 16, vises det at sammensetningen av ferskvannsdiaatoméer har generelt økt i den Indre Barsnesfjorden og alle diatoméartene har minket i den Ytre Barsnesfjorden etter 1980-tallet.

Årsaken er forklart under de følgende diskusjonspunkter.

5.1.1 Svar på målsetning 1

Ja, sammensetningen av ferskvannsdiaatoméer som tilføres sedimentene i Barsnesfjorden har endret seg i fra før 1980-tallet til tiden etter 1980-tallet.

5.2 Målsetning 2

Dersom det finnes endringer i sammensetningen av ferskvannsdiaatoméene. Kan endringene knyttes til sine respektive årsaker?

Tysnes et al. (2015) laget en tabell som oppsummerer endringene i Indre og Ytre Barsnesfjord, før og etter 1980-tallet. I denne oppgaven vil tabellen forenkles og resultatene av diatoméenes endringer etter 1980-tallet legges til.

Tysnes et al. (2015) fant ut at den totale vinternebbøren har økt siden tidlig på 1980-tallet som gir økt akkumulasjon til isbreen. De fant også ut at den totale sommertemperaturen har økt etter 1980-tallet som fører til økt smelting av Jostedalsbreen. De forklarer at

akkumulasjonen burde derfor føre til mer avsetning og tilført næring til Barsnesfjorden. Resultatet Tysnes et al. (2015) kom fram til viser derimot det motsatte ved at den totale mengden silt har minket i fjorden. Derimot fant Tysnes et al. (2015) en økning av leire i avsetningene. De begrunner minkingen av silt med at etter 1980-tallet avsettes silten i innsjøene Veitastrondvannet og Hafslovatnet før det når Barsnesfjorden. De forklarer at det hender på grunn av en minking i gjennomstrømningshastigheten av vannet mellom innsjøene, noe som skyldes utbyggingen av vassdraget. Det at Tysnes et al. (2015) har funnet ut at leire øker i avsetningene gir en forklaring på at det organisk marint produserte har økt i fjorden. De begrunner det med at når leiren øker vil det gi en økning i næringstilførselen til fjorden som dermed vil føre til oppblomstring av marint materiale. De konkluderer også med at jevnere fordeling av ferskvannet i Barsnesfjorden gjennom året øker sannsynligheten for dannelsen av anoksiske forhold i Barsnesfjorden.

Tabell 3 Tabellen viser et sammendrag av Tysnes et al. (2015) sin grafiske modell med tilleggsopplysninger om diatoméer. Den røde fargen viser en minking og den grønne fargen viser en økning etter 1980-tallet.

	Indre Barsnesfjord	Ytre Barsnesfjord
Produsert terrestrisk	Total mengde silt	
	Totalt minerogent materiale Terrestrisk organisk materialet	
	Leire	
Ferskvannsdiatoméer	<i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Cymbella aspera</i>	<i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Cymbella aspera</i>
	<i>Eunotia species</i>	
Produsert marint	Marint organsik materiale Totalt organisk materiale Kalsiumkarnonat Organisk karbon	
Klima	Total Sommertemperatur Total Vinternenedbør	

Tabell 3 viser en minking av *Eunotia species* i både Indre og Ytre Barsnesfjord. Grunnen til dette kan være at da vassdraget ble bygget ut under oppføringen av vannkraftverket ble

Årøyelvi demmet opp (Trygve Fosse 2014, *personlig meddelelse*). Denne forandringen har forandret kildeområdet til ferskvannsdiatoméene som er funnet i avsetningene i Barsnesfjorden. Som nevnt tidligere så har Årøy kraftverk beholdt det årlige utslippet av vannmengde som før oppdemmingen. Det som er forandret er sesongvariasjonene. Mindre vann slippes ut om sommeren og mer vann slippes ut om vinteren i forhold til de naturlige sesongvariasjonene. Forandringer som kan ha hatt en innvirkning er vannivåsenkningen av innsjøene på vinterstid. Dette har ført om våren til en økning av muddflater og økt dannelse av krypsiv (Torbjørn Dale 2015, *personlig meddelelse*) i Veitastrondvannet og Hafslovatnet. Siden *Eunotia species* er en bentisk art (Barber & Haworth 1981) som lever på bunnen og steinene langs innsjøkantene vil nedtapping i innsjøene tørrelegge leveområdene til *Eunotia species*. Først når vannivået i innsjøene øker igjen ut på våren og sommeren vil oppblomstringen av arten kunne hende. Dette vil medføre at arten får en mye kortere oppblomstringstid og dermed vil arten minke i bestand. Det er også en mulighet at enkelte områder der *Eunotia species* levde før 1980-tallet nå er blitt tørrlagt året rundt på grunn av vannstandsforandringen som er gjort i Veitastrondvannet og Hafslovatnet.

Eunotia species er en syreelskende art (Herlory, O et al. 2013). Mudderflatene vil tilføre mer næring til innsjøene når vannstanden stiger på våren (Torbjørn Dale 2015, *personlig meddelelse*). Dette ville øke surhetsgraden i kildeområdene Veitastrondvannet og Hafslovatnet, men denne økningen ser ikke ut til å være tilstrekkelig for å kompensere for det innsnevrede leverommet.

Krypsivet kan også være årsaken til nedgangen i *Eunotia species*. For om det blir dannet for mye krypsiv i innsjøene vil det vokse så tett at sollyset ikke rekker ned til bunnen hvor arten lever og leveforholdene vil derfor bli mindre gunstige. Dermed blir det totalt sett transportert mindre *Eunotia species* ut av innsjøene, noe som fører til en minking av *Eunotia species* i sedimentene i både Indre og Ytre Barsnesfjord.

Krypsivet som blir dannet i kildeområdene, Veitastrondvannet og Hafslovatnet (Torbjørn Dale 2015, *personlig meddelelse*) kan være grunnen til at *Tabellaria flocculosa* og *Cymbella aspera* øker i avsetningene i Indre Barsnesfjord (Tabell3). Siden *Cymbella aspera* er en epilittisk og epifyttisk art og *Tabellaria flocculosa* er en epifyttisk og planktonisk art (Barber

og Hawart 1981) kan begge leve i krypsivet. *Cymbella aspera* vil derfor ikke minke i sedimentprøvene slik som *Eunotia species*. Siden krypsivet har kommet og økt betraktelig i løpet av de siste årene (Torbjørn Dale 2015, *personlig meddelelse*) vil dette føre til en økning i leveområdet til *Tabellaria flocculosa* og *Cymbella aspera* som dermed kan gi en økning i bestandene. Dessuten vil avrenning fra mudderflatene kunne tilføre innsjøene økt mengde i næringsstoffer. Dette kan være årsaken til at mengde krypsiv har økt, og det vil også kunne føre til en økt produksjon av den planktoniske delen av *Tabellaria flocculosa*.

Tabell 3 viser også at *Tabellaria flocculosa* og *Cymbella aspera* minker i avsetningene i Ytre Barsnesfjord. Som nevnt har sesongvariasjonene blitt endret til en jevn strøm året rundt (Trygve Fosse 2014, *personlig meddelelse*). Før kraftverktbyggingen var det vanlig med vårflom som gir mye ferskvann til fjorden med en høy strømningshastighet slik at ferskvannet rekker fram til det Ytre bassenget i Barsnesfjorden. Reguleringen har minnet strømhastigheten på ferskvannet som strømmer ut i Barsnesfjorden om sommeren. Ferskvannsdiatoméene vil bli avsatt tidligere siden ferskvannstrømmen er svakere i fjorden nå i forhold til strømhastigheten på ferskvannet i fjorden før tidlig på 1980-tallet. Dette kan være grunnen til minkingen av *Tabellaria flocculosa* og *Cymbella aspera* i den ytre Barsnesfjorden.

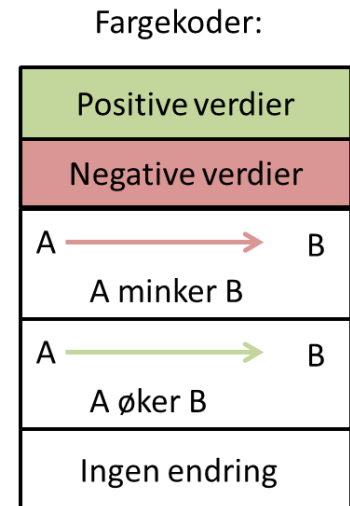
Verken *Tabellaria flocculosa* eller *Eunotia species* blir påvirket av forandringer i temperatur og nedbør (Knudson 1957; Ortiz-Lerín 2007). Dette vil si at temperaturøkningen som ses på temperaturgrafene og nedbørsgrafene (Figur 20) ikke ser ut til å spille en særlig stor rolle.

5.2.1 Svar på målsetning 2

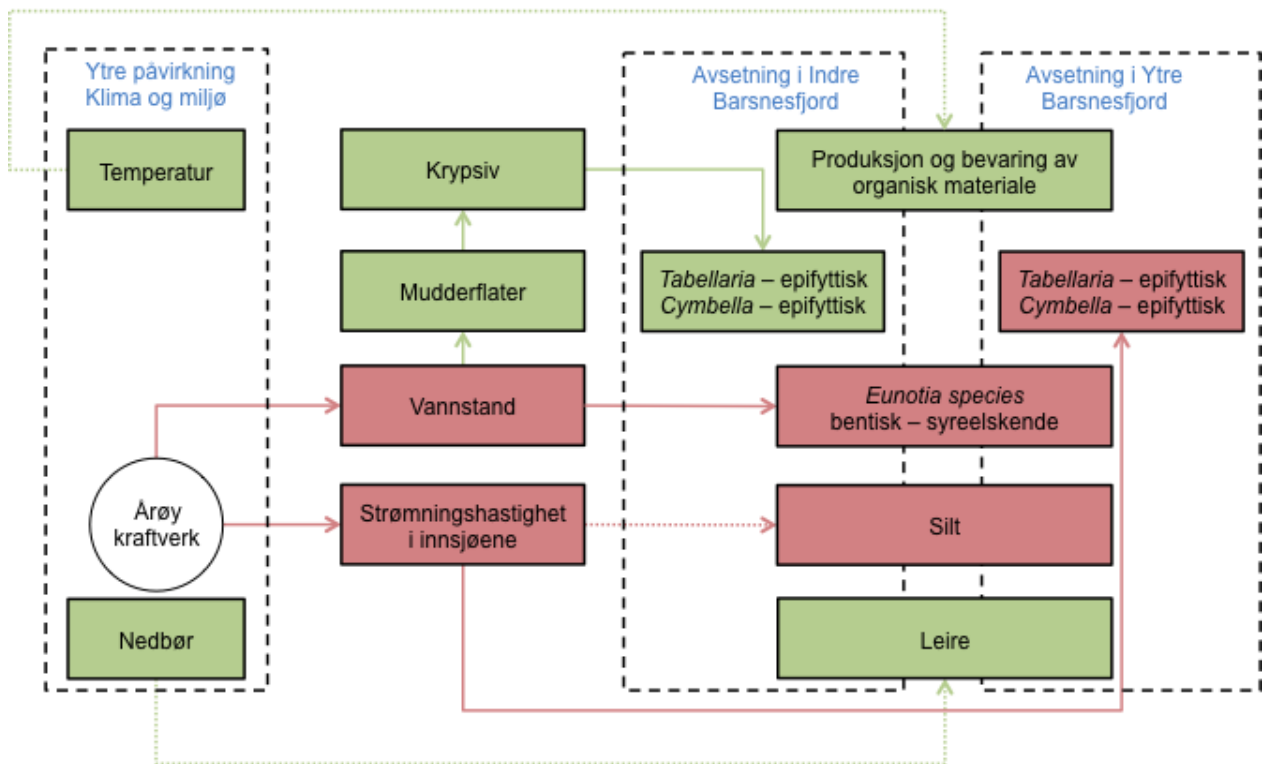
Ja, endringene som er funnet kan knyttes til sine respektive årsaker. Minkingen i *Eunotia species* kan knyttes opp mot vannstandsendringer. Endringer i *Tabellaria flocculosa* og *Cymbella aspera* kan også indirekte knyttes opp mot vannstanden gjennom økningen av krypsiv i Veitastrondvannet og Hafsløvatnet.

5.3 Målsetning 3

Denne modellen er laget med utgangspunkt i tilførselsmodellen foreslått av Tysnes et al. (2015). Deres modell viser den store helhetlige rammen rundt som diatoméene innpasses i. Modellen bruker forkortelser på diatoméene. *Tabellaria flocculosa* blir omtalt som *Tabellaria*, *Eunotia species* beholder navnet, mens *Cymbella aspera* blir forkortet til *Cymbella*. Det er gjort for å få plass til både navn og informasjon i boksene.



Figur 21 Legende som forklarer den grafiske modellen (Figur 22) som inneholder tegnforklaring og fargekoder (Tysnes et al. 2015).



Figur 22 Grafisk modell som bruker legenden (Figur 21; Tysnet et al. 2015). Modellen viser momenter som har påvirket Barsnesfjorden på negative og positive måter.

Bane 1 Ytre påvirkninger: Temperatur

(Tysnes et al. 2015) sin modell forklarer at en økning i temperatur gir en negativ effekt på oksygennivået i både den Indre og Ytre Barsnesfjorden som videre fører til mindre nedbryting i fjorden og tilslutt gir bedre bevaring av organisk materialet i Barsnesfjorden. Det er også funnet ut at temperaturøkningen har en negativ effekt på Jostedalsbreen som fører til økt avsmelting (Tysnes et al. 2015). Videre begrunner Tysnes et al. (2015) at avsmeltingen fører til mindre silt i avsetningene i fjorden på grunn av at silten avsettes i kildeområdene før det når fjorden. Grunnen til minkingen av silt har Tysnes et al. (2015) kommet fram til at det skyldes minking i strømhastigheten mellom Veitastrondvannet og Hafslovatnet. Tysnes et al. (2015) finner også ut at økningen av smeltevann til kildeområdet gir økt avrenning til fjorden som gir videre en økning av leire i Barsnesfjorden siden partiklene er så lette at det ikke avsettes før i fjorden. Temperaturen har derimot ingen påvirkning på diatoméene.

Bane 2 Ytre påvirkninger: Årøy kraftverk

Vannstand: Utbyggingen og endringen på sesongvariasjonen fra Årøy kraftverk har ført til en nedgang i vannstanden i innsjøene, Veitastrondvannet og Hafslovatnet på vinterstid. Denne nedgangen i vannstanden har ført til uttørking av innsjøenes kanter som har hatt en direkte innvirkning på de bentiske *Eunotia species* som følge av mangel på leveområder.

Endringen i vannstanden på vinterstid har også ført til:

(a) Mudderflater: Minkingen av vannstanden har økt mudderflatene i innsjøene.

Mudderflatene gir økt næringstilførsel til kildeområdet. Når disse områdene langs kantene på innsjøene blir lagt under vann igjen på våren så skilles det ut næringsstoffer til innsjøene som fører til økt produksjon av den planktoniske delen av *Tabellaria*.

(b) Krypsiv: Økningen på næringstilførselen fra mudderflatene gir en økning i krypsiv. Da krypsivet øker blir det mer gunstige leveforhold for *Tabellaria* og *Cymbella* på grunn av at disse diatoméartene er epifyttisk. Dette fører derfor til en økning i mengde og dermed en økning i transport og til slutt økt avsetning av *Tabellaria* og *Cymbella* i sedimentene i den Indre Barsnesfjorden.

(c) Strømningshastigheten i innsjøene: Minkingen av strømningshastighetene i innsjøene har ført til mindre transport av silt til Barsnesfjordene i følge Tysnes et al. (2015). Det er kommet fram til at silten minket i avsetningene i både Indre og Ytre Barsnesfjord som følge av at silten blir avsatt i Veitastrondvannet og Hafslovatnet(Tysnes et al. 2015). Strømhastigheten ut i Barsnesfjorden har også blitt endret som følge av at den årlige vannstrømningen er blitt jevn hele året(Tysnes et al. 2015). Dette er årsaken til at *Tabellaria* og *Cymbella* minker i den Ytre Barsnesfjorden. Siden vannstrømmen har minket avsettes Diatoméene tidligere i Barsnesfjorden som fører til en minking i Ytre Barsnesfjord, men kan også gi en økning i det indre bassenget i Barsnesfjorden.

Bane 3 Ytre påvirkninger: Nedbør

Som beskrevet av Tysnes et al.(2015) så gir en økning i nedbør videre økt avrenning. Denne avrenningen forklares som årsaken til en økning i leirpartiklene og at det gir økt næring i fjorden og denne næringen fører tilslutt til at produksjonen av organisk materialet øker. Økt nedbør har ingen direkte innvirkning på ferskvannsdiatoméene. På den andre siden burde man ikke se bort ifra at den økte tilførselen av næringsstoffer ved økt avrenning kan ha bidratt til økningen av den planktoniske delen av *Tabellaria*.

5.3.1 Svar på målsetning 3

Ja det kan lages en grafisk modell som forklarer de observerte endringene. Modellen viser at diatoméene danner et eget uavhengig system fra Tysnes et al. (2015) med noe overlapp til deres tolkninger. Momentet vannstand ser ut til å være det som har hatt størst innvirkning på diatoméene.

6. Konklusjon

Det har hendt endringer i sammensetningen av ferskvannsdiatoméer i avsetningene i Barsnesfjorden fra tiden før 1980-tallet sammenlignet med tiden etter 1980-tallet.

Diatoméene viser at utbyggingen av innsjøene har hatt en innvirkning på grunn av endringer i vannstanden.

Diatoméene danner et eget uavhengig system av endringer som kan innpasses delvis i Tysnes et al. (2015) sin modell av årsaker til endringer i partikulært materiale i Barsnesfjordsedimentene grunnet endringer i kildeområdet til dette materialet.

7. Litteratur

- Andersen BG 2000: Istider i Norge-Landskap formet av istidenes breer. Universitetsforlaget, Oslo, 216sider
- Barber HG & Haworth EY 1981: Guide to the morphology of the diatom frustule, With a key to the British freshwater genera. Freshwater Biological Association Scientific Publication 44, 112sider
- Brynhi I, Anundsen K, Aa, AR & Sønstegaard E 1989 In: Sandal P et al. 1986: Sogndal bygdebok, Band 1, Bergen, Boktrykk-Norsk Skjemaforlag, 80-117
- Dale T & Hovgaard P 1993: En undersøkelse av resipientforholdene i Sogndalsfjorden, Barsnesfjorden og Kaupangerfjorden. I perioden 1991-1993. Rapport fra Sogn og Fjordane Distrikts Høgskule, Skrifter nummer 3/1993, 118sider
- Herlory O, Bonzom J-M, Gilbin R, Frelon S, Fayolle S, Delmas F & Coste M 2013: Use of diatom assemblages as biomonitors of the impact of treated uranium mining effluent discharge on a stream: case study of the Ritord watershed (Center-West France). *Ecotoxicology* 22, 1186-1199
- Kaufmann S 2014: A 100 year hydrographical record of the Barsnesfjord, Western Norway and its environmental application. Bacheloroppgave, Høgskule i Sogn og Fjordane, 81sider
- Knudson BM & Kipling TH 1957: Ecology of the epiphytic diatom *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz. var. *fuculosa* in three English lakes. *Journal of Ecology* 45 (1), 93-112
- Niemistö L 1974: A gravity corer for studies of soft sediments. *Merentutkimuslait. Juhl./Havsforskningsinstituttets Skrifter* 238, 33-38
- Ortiz-Lerín R & Cambra J 2007: Distribution and taxonomic notes of *Eunotia* Ehrenberg 1837 (Bacillariophyceae) in rivers and streams of northern Spain. *Limnetica* 26 (2), 415-434
- Paetzel M & Dale T 2010: Climate proxies for recent fjord sediments in the inner Sognefjord region, Western Norway. In: JA Howe, WEN Austin, M Forwick & M Paetzel, *Fjord Systems*

- and Archives. Geological Society Special Publication 344 271-288, London, Special Publication 2010, 271-288
- Paetzel M & Schrader H 1991: Heavy metal (Zn, Cu, Pb) accumulation in the Barsnesfjord: Western Norway, Norsk Geologisk Tidsskrift, Vol 45., Oslo, 65-73
- Paetzel M & Schrader H 1992: Recent environmental changes recorded in anoxic Barsnesfjord sediments: Western Norway, Marine Geology, 105, 23-36
- Pritchard DW 1952: Estuarine hydrography. Advances in Geophysics 1, 243-28
- Pritchard DW 1955: Estuarine circulation patterns. Proceedings of the American Society of Civil Engineers 81 (717), 1-11
- Rothwell RG 1989: Minerals and mineraloids in marine sediments: an optical identification guide. London: Elsevier, 282sider
- Sakshaug E, Bjørge A, Gulliksen B, Loeng H & Mehlum F 1992: Økosystem barentshavet. Norges Allmennvitenskapelige Forskningsråd, Norges Fiskeriforskningsråd, Miljøverndepartementet. PRO MARE Norwegian Research Program For Marine Arctic Ecology, 304sider
- Skreslet S 2011: Vannkraftens miljøpåvirkning i kystvann. Power point fra Nasjonal Vannmiljøkonferanse, 16-17 mai 2011, Oslo, 17sider
- Syvitski JPM, Burrell DC & Skei JM 1987: Fjords: processes and products. Springer-Verlag, New York, 379sider
- Tysnes A, Røthe Bøen M & Svenheim Rongved JA 2015: Endringer i sammensetningen av sedimenter i Barsnesfjorden, Vest-Norge, over de siste 50 år. Bacheloroppgave, Høgskulen i Sogn og Fjordane, 64sider

Fra internett:

Http1: Bildet fra norgeskart over lokalitet til kjernene.

<http://www.norgeskart.no/?sok=61.254167%2C%207.153333#11/81482/6817185/-land/+flybilder/l/drawing/http%3A%2F%2Fnorgeskart.no%2Fuser%2Fjson%2Fe709831cc61ff24a7ca30e019660b7c8f592404b.json%0A/32633>

(lest 05.06.2015)

Http2: Bildet av mikroskopet:

<http://www.martinmicroscope.com/product-category/microscopes/used-microscopes/>

(lest 15.05.2015)

Http3: Den Store Danske, Kiselalger

[http://www.denstoredanske.dk/Natur og miljø/Botanik/Gule og brune algegrupper/kiselalger](http://www.denstoredanske.dk/Natur_og_milj%C3%B8/Botanik/Gule_og_brune_algegrupper/kiselalger) (lest 02.06.2015)

Http4: Det Store Norske Leksikon, Kiselalger

<https://snl.no/kiselalger#menuitem2> (lest 02.06.2015)

Http5: Det Store Norske Leksikon, Kiselalger-fossiler

https://snl.no/kiselalger%2Ffossile_kiselalger (lest 02.06.2015)

Vedlegg

CD inneholder:

Resterende grafer

Rådata

Bacheloroppgave.Klakken.pdf