

Adventfjorden - modellsystem for klimaendring

Anna Vader, Ragnheid Skogseth, Tove M. Gabrielsen (UNIS)

i samarbeid med:

elever og lærere fra 4. klasse (nå 6. klasse) ved Longyearbyen skole
phd studenter Miriam Marquardt og Maja Hatlebakk (UNIS)
Janne Søreide, Inger Lise Næss (UNIS)



Sammendrag:

Den viktigste klimapådriveren i Polhavet og på Svalbard er økt innstrømming av varmt Atlantisk vann. UNIS har fra 2011 samlet miljødata og prøver fra Adventfjorden. Denne tidsserien er unik og gir oss muligheten til å studere koblinger mellom havklimaet og organismene i et høyarktisk marint økosystem. Vi bruker mikrober som indikatororganismer siden disse er for små til å kunne rømme fra en miljøendring og siden de har korte generasjonstider og dermed viser en rask respons. I dette prosjektet har vi: 1) analysert data fra de 3 første årene (høst 2011 – høst 2014) i sammenheng for å se på økosystemendringer som følge av Atlanterhavsvann, 2) fortsatt prøvetaking i Adventfjorden i 2015 og 3) satt dataene inn i en større sammenheng og brukt de inn i naturfagsundervisninga til 4. klasse (nå 6. klasse) ved Longyearbyen skole.

Bakgrunn:

Klimaendringer fører til at jorda blir varmere, og i Arktis har temperaturstigninga vært dobbelt så hurtig som ellers (IPCC 2013). Samtidig øker trafikken i dette sårbare området, som følge av olje-utvinning, frakt, fiskeri og turisme, både i mengde og forlenget sesong. Dette gjør det viktigere enn noen gang å fremskaffe kunnskap om organismene som bor her og hvor sårbare de er ovenfor miljøendringer. I Polhavet og på vestkysten av Svalbard er det økt tilførsel av varmt og saltholdig Atlanterhavsvann (fra Vest-Spitsbergenstrømmen, den nordlige armen av Golfstrømmen) som er den viktigste pådriveren av klimaendring, og det har de siste årene vært lite sjøis på grunn av ekstra stor innstrømning av dette varme vannet. Et viktig spørsmål fremover vil være hvordan innstrømningen av varmt Atlanterhavsvann virker på floraen og faunaen i disse områdene – Får vi inn nye arter? (f.eks. makrell, Svalbardposten 20.09.2013) Vil disse klare å overvintre, eller vil de bare være tilfeldige gjester? Hvordan vil påvirkningen av nye arter være på hele det marine fjordsystemet? Vil vi få høyere biodiversitet, eller vil vi miste lokale arktiske arter?

Gjennom de siste tre årene har forskere ved UNIS jevnlig tatt prøver i Adventfjorden. Slike tidsserier er viktige for å inventere hvilke organismer som finnes i fjorden og kartlegge naturlige svingninger som følge av år og sesong, og uunnværlige når en vil identifisere forandringer som skyldes miljøendring eller forurensning. Vi har valgt å fokusere på mikrobielle organismer fordi det er denne gruppen som er mest prisgitt sitt miljø. De har ikke stor nok egenbevegelse til å kunne "rømme" når miljøet blir ugunstig, og vil derfor enten dø ut eller måtte tilpasse seg nye miljøbetingelser. Siden tilpasninger til nye miljøbetingelser er en prosess som tar lang tid (ofte tusener av år), vil de mikrobene vi til enhver tid observerer i Adventfjorden være dem som trives i det aktuelle miljøet. Samtidig responderer mikrobene raskt på miljøet, og arter som har gode betingelser kan i løpet av kort tid bli svært tallrike. Mikrober er derfor svært gode indikatorer på havklimaets og endringer i havklimaets påvirkning på lokal flora og fauna.

Adventfjorden ble valgt som et modellsystem på en høyarktisk fjord på grunn av at stasjonen er lett tilgjengelig fra UNIS. Vi kan derfor ta prøver selv midt i den mørke og kalde

polarnatta, der det finnes spesielt lite informasjon om hvilke organismer som finnes i sjøen. Før prosjektet startet hadde vi tatt prøver i tre år og mye data var allerede samlet inn. Noe av dette har vært brukt i spesialiserte forskningsprosjekter (blant annet i flere masteroppgaver og Miriam Marquardt sitt doktorgradsarbeid) og stasjonen har også vært brukt i et samarbeid med Longyearbyen skole hvor elever i videregående ble med på prøvetakingen (SMF vår 2012 tildelt Eike Stubner).

Målsetning:

I dette prosjektet ønsket vi å se på økosystemendringer som følge av innstrømming av Atlanterhavsvann, samt å formidle hva klimaendring vil bety for det lokale marine økosystemet. Prosjektet hadde tre delmål:

- Analysere allerede innsamlet data fra de 3 første årene av tidsserien i sammenheng, med fokus på hvordan klimaendringer (i form av innstrømninger av Atlanterhavsvann) påvirker økosystemet i Adventfjorden.
- Bygge videre på Adventfjorden tidsserien ved å fortsette prøvetaking i 2015.
- Bruke innsamlet data og resultater til å lage en utstilling over det marine miljøet i Adventfjorden med fokus på sårbarhet ovenfor klimaendring. Dette punktet var et samarbeid med 4. klasse (nå 6. klasse) ved Longyearbyen skole som brukte prosjektet som en del av naturfagundervisninga.

Metoder:

Prøvetaking foregikk fra båt, hovedsaklig *polarsirkel*. Hver gang vi var ute på ISA stasjonen (ukentlig til månedlig, Fig 1) målte vi miljøparametere (temperatur, saltholdighet, lys, næringsalter mm) samt mengden av fotosyntetiske alger (konsentrasjon av klorofyll). I tillegg tok vi prøver av organismene i vannet. Disse samlet vi inn ved å filtrere sjøvann gjennom ulike filtre, slik at vi endte opp med flere forskjellige størrelsesfraksjoner. I dette prosjektet fokuserte vi på de minste organismene (0.45-10 μm), siden det er disse det finnes minst kunnskap om. De er for små til å studeres i et mikroskop, slik at en er avhengig av å bruke genetiske metoder for å identifisere hvilke organismer som er tilstede i de ulike vannprøvene, og mengdeforholdene av dem. Vi isolerte DNA og RNA og brukte genetisk barcoding (Boks 1).

Sammenligninger med miljøparametre ble gjort ved statistiske analyser i R.

Boks 1. Genetisk barcoding

Barcoding betyr strekkoding. I genetisk barcoding brukes et spesielt gen som en unik merkelapp på hver art. Dette genet kan sammenlignes med strekkoden som dagligvare-forretningene bruker til avlesing av pris på en bestemt varetype ved kassaapparatet: Alle strekkoder har en unik kombinasjon av tykke og tynne streker som apparatet søker opp i en database for å finne prisen som matcher varen. I genetisk barcoding er de tykke og tynne strekene byttet ut med de fire byggesteinene i DNA-molekylet, og databasen matcher denne DNA-koden med en art. I dette prosjektet brukte vi 18S rDNA som barcoding gen, og Illumina sekvensering som gjør det mulig å få store mengder data.



Fig 1: Kart over Svalbard og Adventfjorden med prøvetakingsstasjonen ISA (Isfjorden Adventfjorden, rød sirkel).

Resultater:

Prosjektet gjorde det mulig å fortsette prøvetaking på ISA stasjonen gjennom 2015. Totalt tok vi prøver på 11 datoer. På grunn av isdannelse på fjorden som gjorde det umulig å bruke båt fikk vi færre prøver fra våren enn vi hadde planlagt, men det frigjorde samtidig midler som ble brukt til å fortsette prøvetaking utover sommeren og høsten.

Havklima:

Vi ser at de fire første årene vi har data fra er svært ulike. I 2012 var det flere korte episoder med innstrømming av Atlanterhavsvann, 2013 og 2015 var kalde stabile år med hovedsakelig lokalt Arktisk vann (og dannelse av sjøis på våren), mens Isfjorden i 2014 var «oversvømt» av Atlantisk vann (Fig. 2).

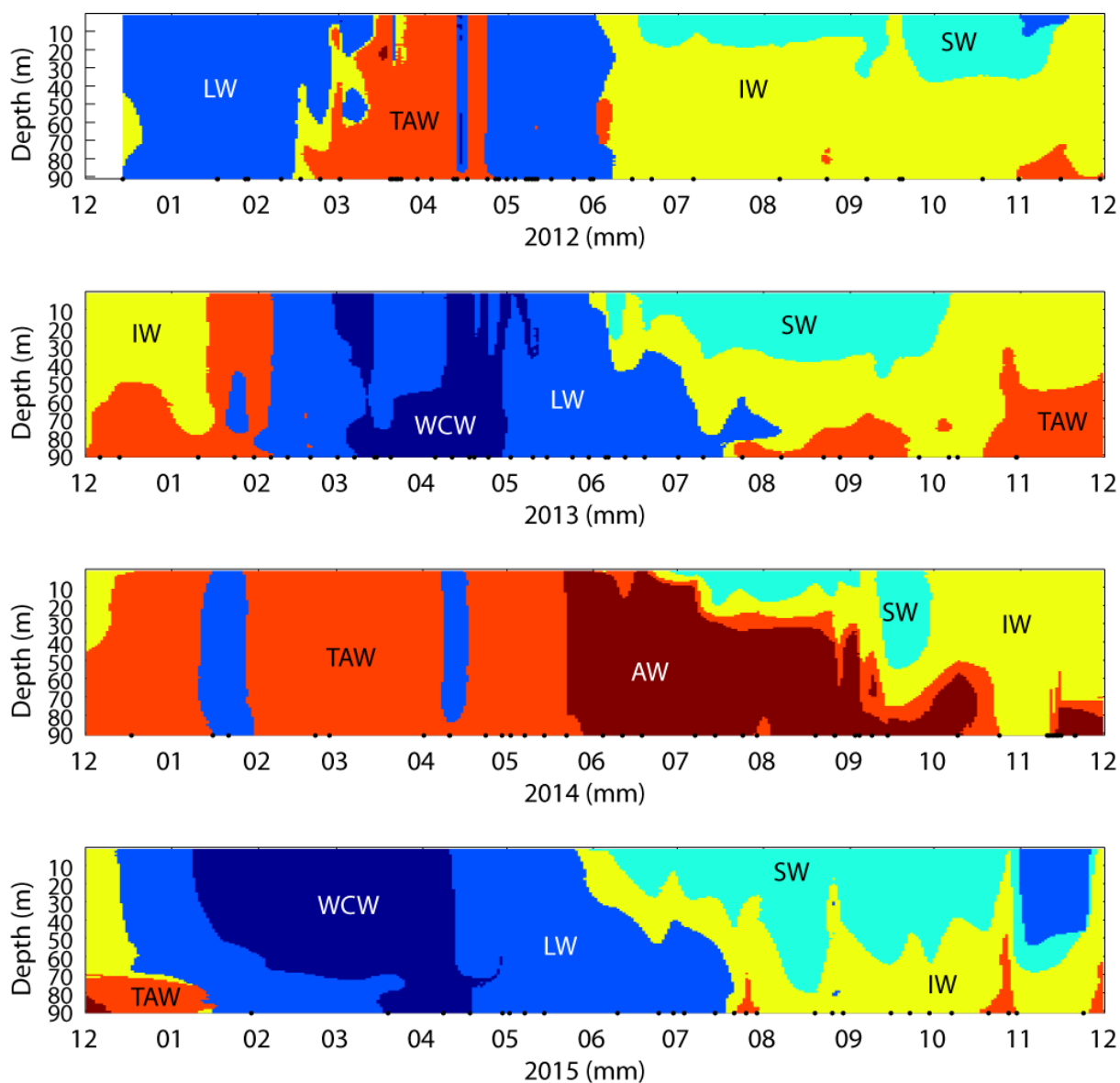


Fig 2. Havklima på ISAstasjonen fra 2011-2015. Vannmasser er definert ut fra temperatur og saltholdighet; AW=Atlantic Water, TAW= Transformed Atlantic Water, IW=Intermediate Water, SW=Surface Water, LW=Local Water og WCW= Winter Cooled Water. AW og TAW representerer Atlanterhavsvann, mens LC og WCW representerer lokale arktiskevannstyper.

Diversitet:

Det har tradisjonelt vært antatt at den mørke polarnatta er en tid av året der det er lite aktivitet og systemet er «i dvale» i påvente av bedre tider. Våre data viser spesielt høy diversitet i polarnatta, og et mønster som gjentas fra år til år (Fig 3).

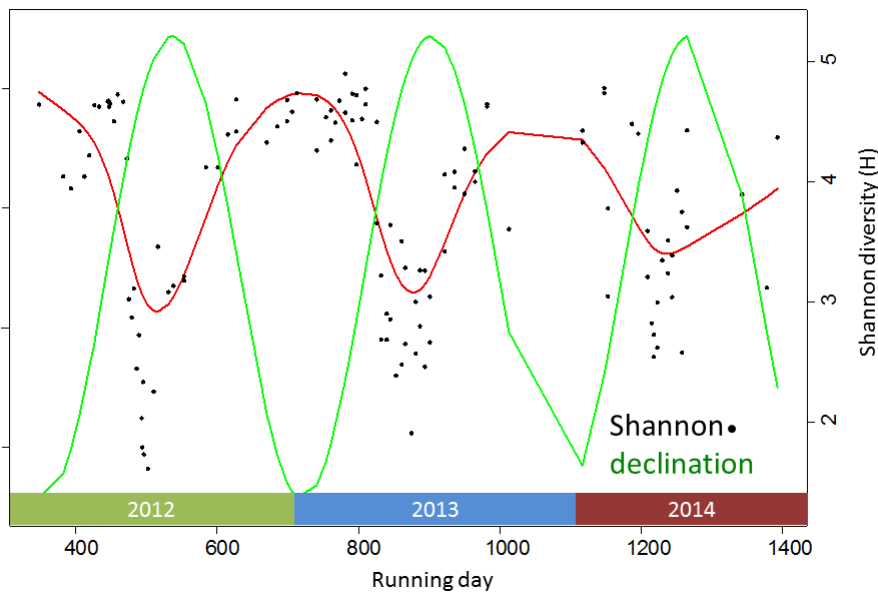


Fig 3. Shannon diversitet gjennom året. Hver sort prikk representerer en prøve, den røde linjen er en gam model som viser trenden i shannon diversitet, grønn linje viser solvinkelen.

Samfunnssammensetning:

Prøvene våre grupperer seg i stor grad etter sesong, det vil si at vinterprøver er mest lik andre vinterprøver, uavhengig av hvilke år de ble samlet inn. På samme måte har vi en sommergruppe og en høstgruppe som inneholder prøver fra alle årene. På våren ser vi derimot at 2014 skiller seg ut, og danner to grupper som kun består av 2014-prøver. Den ene av disse gruppene inneholder kun prøver fra våroppblomstringa (Fig 4).

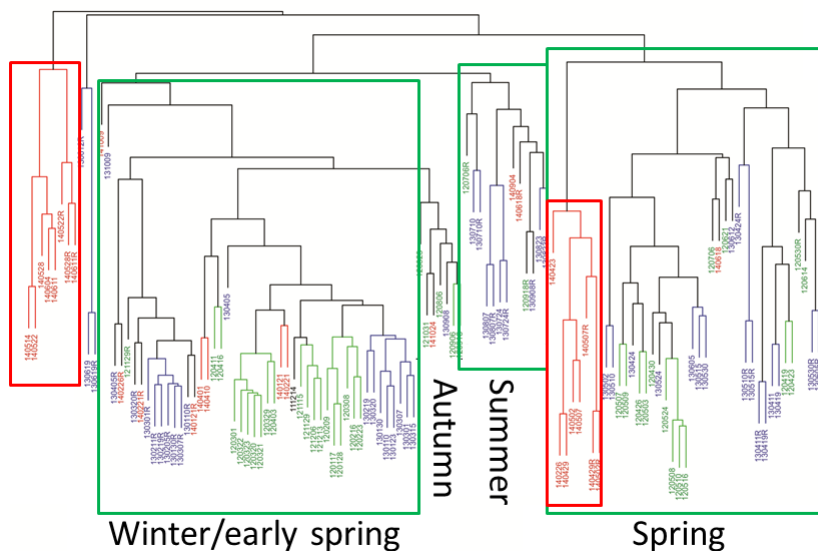


Fig 4. Clusteranalyse basert på Bray-Curtis beta diversitet. Figuren viser ulikheter mellom prøvene; prøver som er like vil ha korte distanser mellom seg, mens ulike prøver vil være langt unna hverandre. Prøvene er fra 25m dybde og er navngitt med «dato» for DNA prøver og «datoR» for RNA prøver. Fargene indikerer hvilke år prøvene ble samlet inn; grønn for 2012, blå for 2013 og rød for 2014. Boksene indikerer grupper.

Det at prøvene grupperer seg etter sesong indikerer at lyset er en viktig pådriver for samfunnssammensetningen. For bedre å kunne se effekten av vannmassene valgte vi ut perioden med midnattsol (fom Mai tom August). Innenfor denne perioden så vi at prøvene fordelte seg etter vannmasser, og at temperatur/vannmasser var viktige forklaringsfaktorer for forskjellene vi så i samfunnssammensetning mellom lokale vannmasser (LW) og Atlanterhavsvann (AW og TAW).

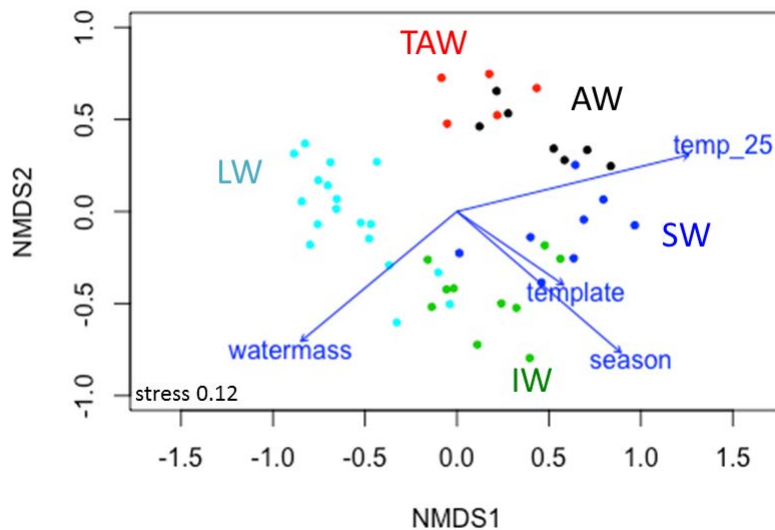


Fig 5. Non-metric multidimensional scaling (NMDS) analyse av prøver samlet fra Mai til August. Figuren viser ulikheter mellom prøver, der stor distanse indikerer stor forskjell mellom prøvene (basert på Bray-Curtis diversitet). Prøvene er fargelagt etter hvilke vannmasser de ble hentet fra. Pilene viser signifikante forklaringsfaktorer, basert på Permanova analyser, der lengden på pilen viser relativ viktighet.

Våroppblomstring:

Mye av primærproduksjonen i Arktis skjer i løpet av en kort intens periode som kalles våroppblomstring. Det antas vanligvis at denne kommer i gang når det er tilstrekkelig lys samt en stabil lagdeling i vannmassene som gjør det mulig for alger å holde seg i den øvre solrike delen av vannsøyla. Når vi sammenligner klorofyll data fra de tre første årene ser vi at tidspunktet for våroppblomstringa er veldig variabelt; fra slutten av April i 2013 til tidlig Juni i 2014 (Fig 6). Det er ingen lagdeling før senere på sommeren i noen av årene (Fig 2).

Micromonas:

Micromonas er en liten grønnalge som er en viktig primærprodusent i arktiske havområder. Mens kiselalger ofte dominerer under våroppblomstringa, er *Micromonas* gjerne tallrike gjennom hele vekstsesongen og finnes også på vinteren. Det finnes en egen arktisk «art» av *Micromonas* (*Micromonas* CCMP2099) som er tilpasset lite lys og lave temperaturer. Det er denne arten som er vanlig rundt Svalbard. I våre data finner vi mye *Micromonas* alle tre årene, spesielt i perioden rett før våroppblomstringa og fra midt på sommeren utover høsten. Når vi ser på det i mer detalj er det den arktiske arten som er tilstede i 2012 og 2013, mens det er en mer sørlig *Micromonas* «art» (*Micromonas* CCMP1195), som dominerer i 2014 (Fig XX).

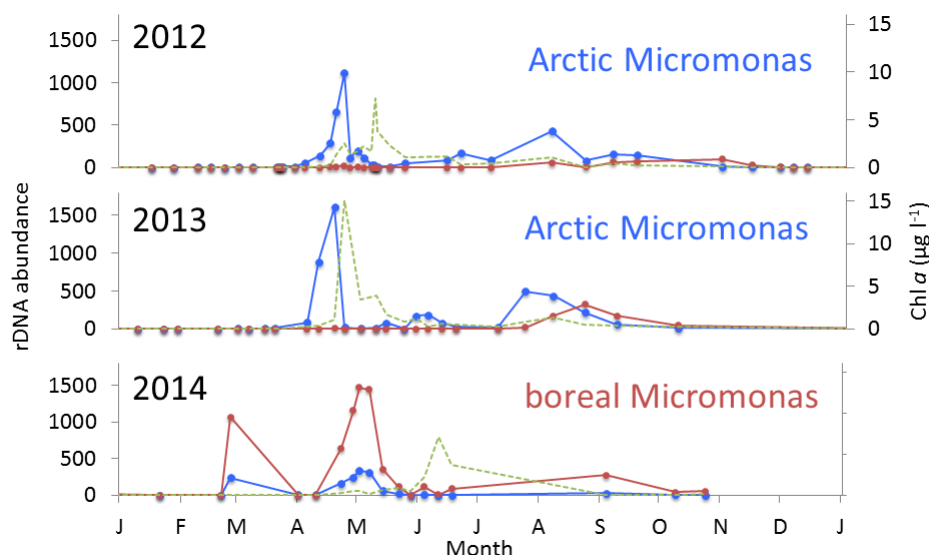


Fig 6. Mengde av *Micromonas* (målt som antall 18S rDNA kopier; hele linjer) gjennom de tre årene, samt total mengde primærprodusenter (målt som konsentrasjon av klorofyll; grønn stiplelinje). De to *Micromonas* artene har ulike farger (blå for arktisk *Micromonas* CCMP2099 og rød for sørlig *Micromonas* CCMP1195).

Samarbeid med 4. klasse (nå 6. klasse) ved Longyearbyen skole:

Samarbeidet med 4. klasse ved LYB skole startet i februar 2015 med "kick-off" møte på UNIS der elevene og UNIS prosjektpersonalet fikk møte hverandre og snakke litt om hva prosjektet går ut på. Hva er klimaendring? Hvorfor tar vi prøver? Hva tar vi prøver av? Hva gjør vi med dem? Hva kan prøvene fortelle oss? Elevene ble deretter delt i fire grupper som jobbet videre med hver sitt tema, tett fulgt av en eller flere «veiledere» fra UNIS. Tema for de fire gruppene var; havstrømmer og deres påvirkning på klimaet (Ragnheid Skogseth), mikrober (Anna Vader), planteplankton (Miriam Marquardt) og dyreplankton (Maja Hatlebakk/Janne Søreide). Elevene besøkte UNIS for å diskutere gruppearbeidene sine, og «veilederne» besøkte klassen på skolen der resultatene av arbeidet ble lagt frem som powerpointpresentasjoner. Elevene utførte også feltarbeid fra bykaia, der de tok egne prøver som så ble analysert på UNIS. Det ble både målt temperatur og saltholdighet i vannsøyla, tatt vannprøver og nettprøver. Nettprøvene ble studert i mikroskop (Fig XX). Elevene viste frem resultatene av hele prosjektet under sommeravlutninga på skolen. Det var også planlagt en felles utstilling om prosjektet på «åpen dag» på UNIS høsten 2015, men «åpen dag» ble dessverre kansellert.

Samarbeidet med elevene ved LYB skole har vært meget givende. Elevene har jobbet godt og lært masse om havklima og livet i Adventfjorden, samt vitenskapelige arbeidsmetoder og tenkesett. Dette passet godt inn i kompetansemålene for trinnet der det står at elevene skal bruke naturfaglige begreper til å presentere egne observasjoner, innhente og systematisere data og presentere resultatene. Forskerne på UNIS har fått anledning til å se sitt arbeid «litt utenifra» og formidle våre resultater og arbeidsmetoder til en engasjert men «ikke-vitenskapelig» målgruppe.



Fig 7. Feltarbeid på bykaia. A) Anna Vader forklarer hvilke prøver vi skal ta og hvordan, B) Maja Hatlebakk demonstrerer hovtrekk for å ta prøver av dyreplankton, C) elevene studerer dyreplankton med mikroskop og kamera på UNIS (fotografier: Inger Lise Næss)

Vurdering av resultatene fra prosjektet:

Prosjektet har etter vår vurdering vært svært vellykket. Vi anser det som meget verdifullt at vi fikk videreført tidsserien i Adventfjorden. Slike langtids-tidsserier er viktige for å forstå sesongvariasjon og hva som styrer økosystemet, og er helt essensielle for å kunne si noe om effektene av klimaendring (eller andre miljøendringer). Det er kun gjennom å kartlegge normalvariasjoner at vi kan overvåke miljøtilstanden; vi kan ikke detektere forandringer eller forutse konsekvensene av fremtidig klimaendring (eller forurensning) uten å vite hva som er normalt. Baseline kunnskap er derfor en forutsetning for å kunne forstå og forvalte livet i havet.

Resultatene fra de tre første årene av tidsserien viser at både hvor mange arter som er til stede og hvilke arter som dominerer varierer gjennom året, og mellom årene. Noen mønster ser ut til å være like fra år til år, for eksempel høy diversitet på vinteren. Dette er interessant sett i lys av at den arktiske vinteren tradisjonelt har vært ansett som en tid der systemet er i dvale. Det er viktig å påpeke at genetisk barcoding ikke sier noe om hvor mange celler som finnes i vannet, bare hvilke type organismer som er til stede. Fra andre studier vet vi at antall celler er lavt på vinteren, men våre data viser at det arktiske vintersamfunnet har et stort mangfold med representanter fra mange ulike typer organismer. En annen interessant konklusjon fra prosjektet er at alle vintersamfunnene er veldig like. På tross av at vårsamfunnene er forskjellige fra år til år så ser det ut som om det skjer en «nullstilling» på vinteren.

Når vi ser på hele året er det tydelig at lys er en viktig pådriver for samfunns-sammensetningen. Dette er som forventet i et høyarktisk system med ekstrem variasjon i lysmengde gjennom året. Men hvis vi minimerer denne påvirkningen med å sammenligne en del av året der det ikke er så stor variasjon i lys, så ser vi at havklimaet også har stor innflytelse. Dette blir ekstra tydelig når en zoomer inn til artsnivå, slik eksemplet der den arktiske *Micromonas* arten ble byttet ut med en sørlig *Micromonas* art viser. Det er tydelig at endringer i havklimaet fører til forandringer i samfunns-sammensetningen, og det er sannsynlig at disse sørlige immigrantene vil dominere artsammensetningen i store deler av året dersom trenden med økt innstrømming av Atlanterhavsvann fortsetter. Men det er to store spørsmål som gjenstår. Vil de sørlige immigrantene kunne overleve den lange mørke vinteren, eller vil tendensen vi har sett med en nullstilling på vinteren motvirke langsiktige forandringer? Den arktiske *Micromonas* er spesialisert til et liv med lite lys og lave temperaturer, mens den sørlige *Micromonas* trolig er tilpasset mindre ekstreme forholdene i dens mer sørlige habitat. Og vil funksjonen av samfunnet forbli den samme selv om artssammensetningen endrer seg?

Prosjektet har allerede fremskaffet ny kunnskap om sesong og årsvariasjon innen det arktiske systemet, og hvordan havklimaet påvirket artssammensetningen. Når vi er ferdige med våre analyser håper vi å også kunne si noe om hvordan havklimaet påvirker funksjon. Dataene vi har samlet inn i løpet av prosjektet vil hjelpe oss med å besvare det første spørsmålet. Vil for eksempel den sørlige *Micromonas* som dominerte i 2014 fremdeles være tallrik i 2015? Resultatene av prosjektet ble presentert som foredrag på den internasjonale Arctic Frontiers konferansen i Tromsø i januar i år, og vil bli publisert i et vitenskapelig tidsskrift så snart analysene er ferdige.

Takk til:

Lærere Geir Karlstad og Tove Klausen og elever i nå 6. klasse ved Longyearbyen skole, phd studenter Miriam Marquardt og Maja Hatlebakk, førsteamanuensis Janne Søreide, master studenter Ida Kessel Nordgård, Elodie Terwagne og Vincent Carrier for hjelp med innsamling av prøver, Stuart Thompson for laboratorieassistanse, og alle andre som har bidratt til arbeidet med å samle inn, organisere og gjøre klar prøver fra ISA. Stor takk til Inger Lise Næss som dokumenterte samarbeidet med skolen og har tatt bildene av feltarbeidet.