



**KLIMA- OG
FORURENSNINGS-
DIREKTORATET**

Statlig program for forurensningsovervåking
Rapportnr.1147/2013

**Tilførselsprogrammet 2012
Overvåking av havforsuring av norske farvann**

TA
3043
2013

Tilførselsprogrammet utføres av:



Statens strålevern
Norwegian Radiation Protection Authority



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Tilførselsprogrammet 2012. Overvåking av havforsuring av norske farvann	Løpenr. (for bestilling) 6545-2012	10.06.2013
	Prosjektnr. 12309, 13309	Sider 47
Forfatter(e) Chierici, M*. Kai Sørensen**, Truls Johannessen***, Knut Yngve Børshem*, Are Olsen***, Evgeniy Yakushev**, Abdirahman Omar***, Ingunn Skjelvan***, Marit Norli** Siv Lauvseth*** *Havforskningsinstituttet (IMR) **Norsk institutt for vannforskning (NIVA) ***Bjerknes Centre for Climate Research (BCCR)	Fagområde Marine miljøgifter, oseanografi og fjernmåling	Distribusjon Fri
	Geografisk område Norskehavet og Barentshavet	Trykket NIVA

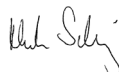
Oppdragsgiver(e) Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif)	Oppdragsreferanse TA 3043/2013 SPFO 1147/2013
--	---

<p>Sammendrag</p> <p>Denne rapporten gjelder undersøkelser av havforsuring som er utført av IMR, NIVA og BCCR på oppdrag fra Klif i 2012. Den er basert på målinger på strekningen Oslo-Kiel og Tromsø-Longyearbyen utført av NIVA, vannsøylemålinger langs faste snitt i Nordsjøen (Torungen – Hirtshals), Norskehavet (Svinøy-NW), og to snitt i Barentshavet (Vardø-N og Fugløya-Bjørnøya) utført av Havforskningsinstituttet, og kontinuerlige overflatemålinger av pCO₂ i Norskehavet utført av BCCR i 2012. Resultatene fra Barentshavet viser en klar sesongvariasjon i de øvre 100 m av vannsøylen, som for det meste er styrt av primærproduksjon og ferskvannstilførsel gjennom året. I nordøstlige Barentshavet (Vardø-N) lå metningsgrad for aragonitt (Ω_{Ar}) mellom 1,1 og 2,2 med minimumsverdier i polarvannet ved sørpissen av Svalbard. I tillegg påvirkes karboninnholdet her av polarvannet, spesielt tydelig i den nordlige delen av Barentshavet. Mellom Fugløya og Bjørnøya vistes tydelig sesongvariasjon på grunn av ferskvannstilførsel og primærproduksjon. I Norskehavet var det stor variasjon fra kyst til åpent hav og karboninnholdet påvirkes av kystvannet som brer seg vestover i løpet av sommeren. Konklusjonen er at overflatevann i områdene som er studert i denne rapporten er mettet i forhold til både kalsitt og aragonitt. Laveste metningsgrad ble funnet i polarvannet i nordøstlige Barentshavet. Det er i tillegg viktig å merke seg at metningshorisonten i dyphavet stiger, og per i dag er undermetning av aragonitt påvist på 2400 meters dyp i Norskehavet. Hastigheten av havforsuringen bestemmer når undermetning utvikles både i dyphav og overflaten. Hastigheten for utviklingen vil kunne estimeres nøyaktig først når målinger fra flere år foreligger.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Havforsuring Overvåking Barentshavet Norske farvann 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Ocean acidification Monitoring Barents Sea Norwegian Seas
---	---



Norman Green
Prosjektleder



Morten Schaaning
Forskningsleder



Kristoffer Næs
Forskningsdirektør

Forord

I 2009 etablerte Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) tilførselsprogrammet som et langsiktig program for overvåking av havforsuring i forvaltningsplanområdene Barentshavet, Norskehavet og Nordsjøen. Overvåking av havforsuring ble inkludert i tilførselsprogrammet fra og med 2010, og blir videreført som eget program fra og med 2013.

Dette prosjektet er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i partnerskap med Havforskningsinstituttet (IMR), Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES), Norsk institutt for luftforskning (NILU), Statens strålevern (NRPA) og Bjerknes Centre for Climate Research (BCCR) ved Klif-kontrakt nr. 5012006. Denne rapporten gjelder undersøkelser av havforsuring som er utført av NIVA, IMR og BCCR. En annen rapport presenterer undersøkelser av miljøgifter og radionuklider i Norskehavet i 2012 utført av NIVA, IMR, NIFES, NILU og NRPA.

Vi takker sjefingeniør Gunnar Skotte, fra Klif, for god oppfølging og støtte under gjennomføringen av prosjektet.

Forsker Norman Green har vært leder for hele prosjektet.

Norman W. Green
Oslo, 10. juni 2013

INNHold

Sammendrag	4
Summary	5
0. Innledning	6
1. Innledning	6
2. Metodikk og data	8
2.1 Prøvetaking og måling av total alkalinitet og totalt uorganisk karbon	8
2.2 Underveismålinger av pCO ₂	9
2.3 Beregning av pH og metningsgraden av kalsitt og aragonitt	10
3. Resultater	12
3.1 Vannsøyledata fra Torungen-Hirtshals	12
3.2 Vannsøyledata fra Svinøy-NV	15
3.3 Vannsøylen fra Vardø-N.	18
3.4 Vannsøylen Fugløya-Bjørnøya (sørlige del av Barentshav)	22
3.5 Overflatedata Tromsø-Longyearbyen og Oslo-Kiel	27
3.5.1 Tromsø-Longyearbyen	27
3.5.2 Oslo-Kiel	31
3.6 Underveis pCO ₂ -data i Norskehavet	33
4. Konklusjon og anbefalinger	35
5. Referanser	36
Vedlegg A. Datatabeller	38

Sammendrag

Havet har absorbert ca 30% av de antropogene utslippene av CO₂ som har funnet sted etter den industrielle revolusjonen på slutten av 1700 tallet. Dette opptaket av CO₂ øker konsentrasjonen av hydrogenioner og minker tilgjengeligheten av karbonationer i sjøvannet. Resultatet er en reduksjon av sjøvannets pH, og prosessen er derfor kjent som havforsuring.

Denne rapporten gjelder undersøkelser av havforsuring som er utført av IMR, NIVA og BCCR på oppdrag fra Klif. Den er basert på overflatemålinger fra tokt på strekningen Oslo-Kiel og Tromsø-Longyearbyen utført av NIVA, vannsøylemålinger langs faste snitt i Nordsjøen (Torungen – Hirtshals), Norskehavet (Svinøy-NW), og to snitt i Barentshavet (Vardø-N og Fugløya-Bjørnøya) utført av Havforskningsinstituttet, og kontinuerlige overflatemålinger av pCO₂ i Norskehavet utført av BCCR i 2012.

Resultatene fra Barentshavet på strekningen Fugløya-Bjørnøya viser en klar sesongvariasjon i de øvre 100 m av vannsøylen. Det antas at denne for det meste er styrt av primærproduksjonen og ferskvannstilførselen gjennom året. I nordøstlige Barentshavet (Vardø-N) lå metningsgrad for aragonitt (Ω_{Ar}) mellom 1,1-2,2. Minimumsverdier ble målt i bunnvannet ved de nordligste stasjonene i Polhavet/Barentshavet. Mellom Fugløya og Bjørnøya var det en tydelig sesongvariasjon på grunn av ferskvannstilførsel og primærproduksjon som normalt er høyere i sommerhalvåret.

Det var også en tydelig innflytelse av Atlanterhavsvann langs snittene i Barentshavet. Endringer fra år til år er tilnærmet like store som sesongvariasjonene. For å dokumentere endringene og trend over tid er det viktig at det samles tidsserier som strekker seg over tilstrekkelig mange år. Et langsiktig måleprogram av de relevante variablene på faste stasjoner er derfor grunnlaget for overvåkingen. I både overflaten og i vannsøylen viser Barentshavet stor variasjon mellom påvirkning av Atlanterhavsvann og polar vann. I det nordøstlige Barentshavet varierte Ω_{Ar} mellom 1,1 og 2,2 med minimums verdier i kystområdet. I overflatevannet i den vestlige Barentshavåpningen varierte Ω_{Ar} mellom 1,1 og 2,4. Høyest metning ble observert i sommerhalvåret, når primærproduksjonen normalt er sterk. pH-P (NBS skala) varierte fra 7,95 til 8,25 og pH-S (totalskala) varierer mellom 8,02 og 8,17. De høyeste pH-verdiene faller igjen sammen med årstider med normalt høy primærproduksjon.

På andre steder varierte metningsgraden for aragonitt fra 1,6 til 2,5. Metningsgraden er noe lavere i arktiske farvann, men fremdeles over 1. I Norskehavet finner vi undermetning av aragonitt ved 2400 meters dyp og metningsgraden for kalsitt er ca 1,5 ved samme dyp.

Hovedkonklusjonen er at overflatevannet i de fleste områdene som ble studert er mettet av kalsiumkarbonat (aragonitt og kalsitt). Laveste metningsgrad ble observert i polarvannet i nordøstlige Barentshavet. Prognosene for når undermetning vil skje vil avhenge av hastigheten av havforsuringen. Dette kan ikke estimeres nøyaktig før målinger fra flere år foreligger.

Summary

The ocean plays a key role in the global carbon cycle and absorbs today about 25 percent of the anthropogenic emitted CO₂ to the atmosphere. This increase in CO₂ content particularly in the surface layer of the ocean increases the levels of hydrogen ions and reduces the availability of carbonate ions. The result is a decrease of the seawater pH and carbonate ion concentration. This phenomenon is known as ocean acidification and may have large consequence on the marine ecosystem. The project aims to investigate causes and trends of ocean acidification by monitoring the carbonate system in the Norwegian Seas, including the areas in northern Barents Sea and Svalbard. The project started in 2010 as one component in the Tilførselprogram. It will be continued through its own program starting from 2013.

This report focuses on investigations of ocean acidification. The responsible institutions are NIVA, IMR and BCCR/GFI and the client is Klif. The following datasets are included: measurements of total dissolved inorganic carbon (C_T), total alkalinity (A_T) and pH along two transects: Oslo - Kiel and Tromsø - Longyearbyen done by NIVA in 2012, underway automated pCO₂ measurements on board GO Sars in the Norwegian Sea done by BCCR, and full water column measurements from the IMR standard transects Torungen - Hirtshals, Svinøy-NW, and Fugløya-Bjørnøya. The report also presents data from a new transect in the north eastern Barents Sea along Vardø-N aiming to investigate the Arctic water, since the Arctic is deemed particularly sensitive to ocean acidification.

The results from the Norwegian Sea (Svinøy transect) show undersaturation of aragonite at 2400 meters depth. Spatial variability from the coast to the open ocean is assumed to be controlled by primary production and reduced salinity in the coastal water.

In the Barents Sea we observed clear influence of the mixing of high-salinity, warm Atlantic water with less saline and cold polar water. In the North eastern Barents Sea the saturation state of aragonite varied between 1.1 and 2.2.

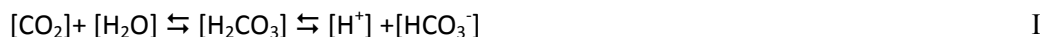
The highest saturation state is observed during the summer when biological CO₂ uptake in primary production normally is high. The variability in pH in the surface layer between Tromsø and Longyearbyen ranges from 7.95 to 8.25 (pH-P) where the high values are observed in the summer season when primary production normally is highest. The Ω_{Ar} varied from 1.14 to 2.36.

The main conclusion is that surface water in most areas studied were saturated both for the calcium carbonate species calcite and the more sensitive form aragonite. This is indicated by the saturation being higher than 1. Lowest aragonite saturation was found below 2400 m depth in the Arctic water in the northern Barents Sea. The prognosis for when undersaturation will occur will depend on the rate of acidification of the water column. This cannot be estimated with satisfying precision before more measurements are available covering more years.

1. Innledning

Havet absorberer for tiden omtrent 25 % av de årlige menneskeskapt CO₂-utslippene (Takahashi *et al.*, 2009), og havforsuringen skjer trolig raskere enn noensinne gjennom de siste 55 millioner år. Det er ventet at havforsuringen vil påvirke strukturen og funksjonaliteten til marine økosystemer, og den kan få betydelige konsekvenser også for høstbare marine ressurser. På bakgrunn av dette er det viktig at graden av havforsuring overvåkes, og dette har derfor vært inkludert i tilførselsprogrammet som overvåker forurensningssituasjonen i norske havområder. De nordligste norske havområdene har et naturlig høyt innhold av uorganisk karbon og lave havtemperaturer fører i tillegg til høy CO₂ løselighet. Som en følge av dette er innholdet av karbonationer i polare farvann lavt i forhold til sørligere områder, og vi venter at de nordligste områdene er blant de første som vil bli undermettet med karbonat som følge av havforsuring. For eksempel vil Polhavet bli undermettet i løpet av dette århundret dersom utslippene forsetter som i dag (AMAP 2013; Steinacher *et al.*, 2009).

Havet er en nøkkelkomponent i det globale karbonkretsløpet. Det inneholder oppløst karbonat (CO₃²⁻) og kan derfor absorbere store deler av utslippene av karbondioksid (CO₂) fra forbrenning av fossile brensler og avskoging. Opptaket av CO₂ starter med produksjon av karbonsyre som fører til at det blir dannet hydrogenioner (H⁺):



Noen av hydrogenionene (H⁺) reagerer videre med karbonationer, som er naturlig til stede i havvannet, og danner bikarbonat:



Havets opptak av CO₂ øker dermed konsentrasjonen av hydrogenioner og minker tilgjengeligheten av karbonationer i sjøvannet. Resultatet er en reduksjon av sjøvannets pH, og prosessen er derfor kjent som havforsuring. I havmiljøet er det reduksjonen av tilgjengelige karbonationer som skaper mest bekymring. Karbonat utgjør en viktig byggestein for mange marine organismer, først og fremst for dem med kalkskall:



Den reduserte konsentrasjon av karbonat som følger av CO₂-opptak kan for organismer med kalkskall føre til en betydelig svekket evne til å overleve. For eksempel kan havforsuringen svekke en rekke kommersielle skalldyrarter (Talmange og Gobler, 2009) og de betydelige forekomstene av kaldtvannskoraller langs norskekysten (Mortensen *et al.*, 2001; Turley *et al.*, 2007). Ved tilstrekkelig grad av havforsuring vil vannet bli undermettet med kalk (CaCO₃) og skallet til enkelte organismer bli kjemisk ustabile (Orr *et al.*, 2005). Nye studier tyder på at mange organismer opplever stor sesongs og døgnvariasjon i pH og karbonat-konsentrasjon, som indikerer at de fleste organismer tilpasset seg forholdene. Det er derfor vanskelig å forutsi hvilke organismer som kommer til å bli skadet mest. Desto viktigere er det å studere de naturlige variasjoner av karbonatsystemet for å bruke relevant nivåer i effektforsøk

I tillegg til aktiviteter finansiert av Klif gjennom Tilførselsprogrammet har deltakerne i programmet bidratt til denne rapporten med data og kompetanse også fra andre prosjekter. BCCR/GFI sine data er stort sett produsert i det internasjonale prosjektet CARBOOCEAN, mens metodikken er utviklet gjennom IMCORP, CAVASSO og delvis i TRACTOR. Ellers har Bjerknæs SFF og en rekke andre NFR- prosjekter som CARBON HEAT bidratt. NIVA sine aktiviteter knyttet til havforsuring som OA-SIS, AcidMAR og AutoPH er benyttet i arbeidet og dekker kostnader knyttet

til metodeutviklingen på analyser (C_T , A_T og pH). Noen data fra disse programmene og Framsenter Flaggskipet på havforsuring er inkludert for å styrke innholdet i rapporten. Fra IMR sin side er det flere interne prosjekter, to prosjekter i Flaggskipet for "Havforsuring og økosystemeffekter i norske farvann" ved Framsenteret og IMRs tokt for økosystemundersøkelser som bidrar med kompetanse og data til denne rapporten. Dette gjelder særlig data fra Barentshavet som omfatter overvåking av snittet Vardø-N.

Delprogrammets målsetning er å overvåke karbonkjemi med fokus på pH og metningsgrad for kalsiumkarbonater i de norske forvaltningsområdene. Det vil imidlertid ta flere år før en med rimelig grad av sikkerhet kan estimere trender i utviklingen over tid. Som et første trinn er historiske data for Norskehavet analysert i årsrapport for 2009. En tilsvarende studie for Nordsjøen finnes i Børsheim og Golmen (2010) og for Norskehavet i Chierici *et al.* (2012). De fleste dataene er tilgjengelig i de internasjonale databasene CARINA, og SOCAT som finnes på <http://cdiac.ornl.gov/oceans/CARINA/> (www.socat.info).

2. Metodikk og data

Følgende tabell viser en oversikt over alle toktene fra sør til nord som ble gjennomført i 2011.

Snitt	Prøvetaking s måned	Type	Målte parametere	Utførende institusjon	Finansiering
Torungen-Hirtshals	Januar	vannsøyle	A _T , C _T	IMR	Klif
Svinøy-NW	Mars	vannsøyle	A _T , C _T	IMR	Klif
Vardø-N	September	vannsøyle	A _T , C _T	IMR	Klif
Fugløya-Bjørnøya	Mars, august	vannsøyle	A _T , C _T	IMR	Klif
Tromsø- Long- yearbyen	Februar, juli, september, november	overflate	A _T , C _T , pH,	NIVA	Klif/Fram
Oslo-Kiel	Januar, mai, september, desember	overflate	A _T , C _T , pH,	NIVA	Klif
Norskehavet	Hele året	overflate	pCO ₂	BCCR	

2.1 Prøvetaking og måling av total alkalinitet og totalt uorganisk karbon

Generelt følger prosjektet rutiner for vannprøvetaking og instrumentering i internasjonale avtalte metoder publisert i Guide to Best Practices for Ocean CO₂ Measurements. Dette gjelder også de historiske data som er anvendt (http://cdiac.ornl.gov/oceans/Handbook_2007.html).

Fire parametere kan måles direkte for å karakterisere karbonatsystemet i sjøvann. Disse er: total alkalinitet (A_T), total uorganisk karbon (C_T), pH, og partialtrykk av CO₂ (pCO₂). A_T er et mål på vannets kapasitet til å nøytralisere syre (bufferkapasitet) og består av summen av de basene i løsningen som er dannet av svake syrer (se Eq. 1 for skjematisk definisjon). I sjøvann utgjør karbonater og hydrogenkarbonat den største delen av disse basene. C_T defineres som summen av karbonsyre og løst CO₂ i vann (CO₂*), karbonater og hydrogenkarbonater. Surhetsgraden eller pH angir konsentrasjonen av hydrogen-ioner (H⁺) i sjøvannet.

$$A_T = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{B}(\text{OH})_4^-] + [\text{OH}^-] + [\text{HPO}_4^{2-}] + 2[\text{PO}_4^{3-}] + [\text{SiO}(\text{OH})_3^-] + [\text{NH}_3] + [\text{HS}^-] - [\text{H}^+] - [\text{HSO}_4^-] + [\text{HF}^-] + [\text{H}_3\text{PO}_4] - \dots \quad \text{Eq. 1}$$

$$C_T = [\text{CO}_2^*] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$$

$$[\text{H}^+] \sim [\text{H}^+]_f + [\text{HSO}_4^-],$$

der $[\text{H}^+]_f$ er den frie hydrogenkonsentrasjonen

$$\text{pH} = -\log_{10}([\text{H}^+])$$

For definisjon av pCO₂ henvises til kapittel 2.2.

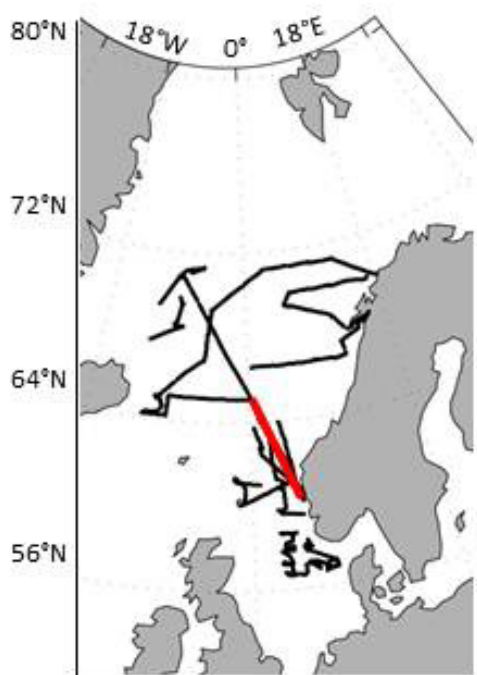
Prøvetaking av vannsøylen på faste snitt ble utført av IMR. Vannprøvene ble fiksert med mettet kvikksølvkloridløsning og oppbevart mørkt ved ca. +4 °C før de ble analysert. Målinger av totalt uorganisk karbon (C_T) og total alkalinitet (A_T) ble utført på vannsøyleprøver fra snittene Fugløya-Bjørnøya, Torungen- Hirtshals Svinøy-NV og Vardø-N ble analysert ved IMR med VINDTA 3C instrumentering levert av det tyske firmaet Marianda.

Prøvetaking og analyser av overflate prøver langs Norskekysten mellom Oslo-Kiel og Tromsø – Longyearbyen er utført av NIVA. I 2012 gjennomførte NIVA 4 tokt på transektet Tromsø-Longyearbyen og 3 komplette tokt (+2 stasjoner i september) på transektet Oslo-Kiel. Vannprøvene ble fiksert med mettet kvikksølvklorid løsning og oppbevart mørkt ved ca. +4 °C før de ble analysert. Total alkalinitet (A_T) ble analysert ved potensiometrisk titrering med 0,1 N saltsyre (HCl), og C_T med coulometrisk deteksjon av CO_2 ekstrahert fra surgjort prøve. Saltsyren for A_T -titrering tilsettes NaCl for å bli sammenlignbar med ionestyrken til naturlig sjøvann på ca 0,7 M og pH-elektroden som benyttes av alle parter er tilpasset sjøvannsprøver/høy ionestyrke (Metrohm 6.0259.100). A_T titrer-systemene benytter åpen titreringscelle. NIVA bruker prøvevolum på 50 ml. VINDTA-instrumentene ved IMR og BCCR benytter 100 ml prøvevolum. Ekvivalenspunktene ble beregnet ved metode for kurvetilpasning anbefalt av Dickson *et al.* (2007). I overensstemmelse med internasjonalt konsensus anvendes sertifisert standard vann for kvalitetssikring og kontroll av riktighet av alle C_T og A_T data (Certified Reference Material, CRM, A. Dickson, SIO, USA). CRM-prøver med kjent verdi analyseres i starten, midten og på slutten av kjøringen. Disse verdiene blir vurdert opp mot ”sann” verdi og det regnes deretter ut en faktor som alle reelle prøver blir korrigert mot. NIVAs system ble interkalibrert med BCCR i 2010 fordi anvendelsen av CRM er svært vært nyttig for å produsere internasjonalt sammenlignbare data som kan benyttes i syntesearbeid (Johannessen *et al.*, 2011). NIVA tar i 2013 i bruk VINDTA systemet. NIVAs C_T -metode er beskrevet i 2010 rapporten fra Tilførselsprogrammet.

Vannprøver fra overflaten innsamlet med Ferrybox-nettverket i 2012 er tatt mellom Tromsø og Longyearbyen med kontainerskipet *MS Norbjørn*, og Oslo-Kiel med *MS Color Fantasy*. Data fra NIVA prosjektet AcidMar og Framsenter-prosjektet AcidArtic er stilt til disposisjon og brukt i rapporten. Prøver er innsamlet manuelt med personell fra NIVA, og prøvetagning for C_T , A_T , pH og næringsalter ble foretatt. Data for temperatur og salinitet er tatt fra Ferrybox-systemene. Målinger av pH og konservering for analyse av C_T og A_T er foretatt umiddelbart. pH er målt med den spektrofotometriske metoden i Total skala (pH-S(Tot)) og med potensiometrisk metode i NBS skala (pH-P(NBS)). Den spektrofotometriske pH-metoden er beskrevet i den tidligere (2010) rapporten fra Tilførselsprosjektet (Johannsen *et al.*, 2011; Chierici *et al.*, 2012). Målingene av pH-S(Tot) er foretatt på en HACH DR-2800 felt spektrofotometer utstyrt med en 5 cm celle og som kan måle simultant på 4 bølgelengder. For den potensiometriske metoden ble Metrohm 680 pH-meter benyttet. pH er beregnet som funksjon av T, S, C_T og A_T , i total skala (pH-C(Tot)) sammen med metningsgrad for kalsitt og aragonitt (Ω_{kalsitt} og $\Omega_{\text{aragonitt}}$) ved hjelp av CO2SYS (Pierrot *et al.*, 2006) med Millero *et al.* konstanter. Resultatene av pH målinger for *in-situ* temperatur og trykk er gjengitt i **Tabell 6**, **Tabell 7**, **Tabell 8** og **Tabell 9** i Vedlegg A.

2.2 Underveismålinger av pCO_2

Vi har benyttet underveismålinger av CO_2 -deltrykk (pCO_2) og havets overflatetemperatur innsamlet av Bjerknes Centre for Climate Research (BCCR) i 2012 ombord forskningsskipet R/V G.O.Sars (**Figur 1**). Dataene ble målt som en del av Tilførselsprogrammet (egentlig ikke. Var ikke en del av prog i 2012-Jo, G.O.Sars pCO_2 -data var del av dette programmet i 2012.) i hht. til metoden til Pierrot *et al.* (2009). Instrumentet bruker en infrarød CO_2/H_2O -gassanalysator (LI-COR 6262) til å måle CO_2 -konsentrasjonen i luft som er i likevekt med en kontinuerlig strøm av sjøvann. Analyser har blitt gjort hvert tredje minutt. Instrumentet ble kalibrert omtrent hver sjetten time med tre referansegasser som spenner over området av naturlig forekommende CO_2 -deltrykk i området som er blitt undersøkt. Disse kalibreringsgassene er sporbare til referansegasser som er levert av National Oceanic and Atmospheric Administration /Earth System Research Laboratory (NOAA / ESRL). Målinger gjort med slike instrumenter har en usikkerhet på 2 μatm for pCO_2 i sjøvann.



Figur 1. Kart over Norskehavet som viser hvor $p\text{CO}_2$ ble målt i 2012. Alle datapunktene som er vist her er målt om bord på R/V G.O.Sars. Den røde streken (Svinøy-snippet) viser hvor dataene framstilt i Figur 24 er fra.

$p\text{CO}_2$ dataene fra 2012 har gjennomgått en primær kvalitetskontroll i hht. prosedyrer bestemt på en workshop om "Ocean Surface $p\text{CO}_2$ Data Integration and Database Development" i Tsukuba i 2004. Dataene har foreløpig ikke gjennomgått sekundær kvalitetskontroll, men dette vil skje i løpet av året når dataene blir sendt inn til SOCAT (www.socat.info). Siden vi bruker trykket målt i ekvilibratoren til å korrigere for variasjoner i atmosfærisk trykk ved beregning av $p\text{CO}_2$ så brukes trykket målt inne i gassanalysatoren kun til den interne omregningen fra volt til gasskonsentrasjon (som er en femteordens polynomialligning), hvor spenningen er lineært avhengig av trykk og gasskonsentrasjonen er lineært avhengig av temperatur:

$$[\text{CO}_2] = \text{funksjon} \left(V \frac{P_0}{P} \right) \frac{T}{T_0}$$

hvor $[\text{CO}_2]$ er gasskonsentrasjon, V er volt målt av gassanalysatoren, P_0 er referansetrykk, P er målt trykk inne i gassanalysatoren, T_0 er referansetemperatur og T er målt temperatur inne i gassanalysatoren. Analysene våre viser at selv om trykket målt inne i gassanalysatoren er 2-3 hPa feil så utgjør dette for lite i P_0/P leddet til at det har noen betydning for gasskonsentrasjonen. I 2012 har vi hatt diverse problemer med instrumenteringen i tillegg til at båten i årets første seks uker lå på verksted. Datasettet fra 2012 er begrenset til månedene februar-mars og juli-august.

2.3 Beregning av pH og metningsgraden av kalsitt og aragonitt

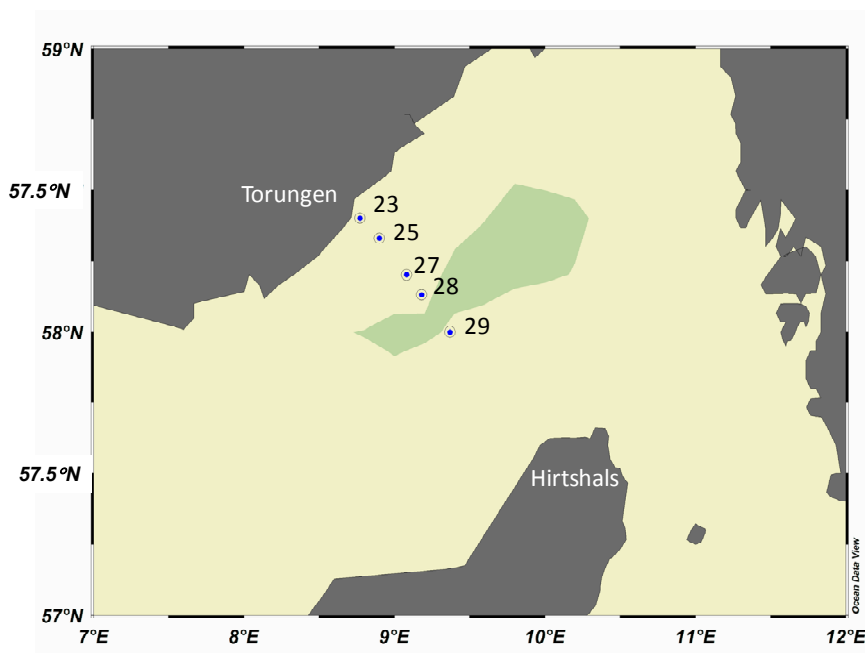
Data på A_T og C_T anvendes sammen med temperatur, dybde (trykk), saltholdighet, fosfat og kiselsyre i en kjemisk spesieringsmodell, CO2SYS (Pierrot *et al.*, 2006) for å beregne de andre CO_2 systemkomponentene som *in situ* pH, og metningsgrad for kalsitt og aragonitt (Ω_{kalsitt} og $\Omega_{\text{aragonitt}}$). For disse beregningene ble det benyttet karbonsyrekonstanter fra Mehrbach *et al.* (1973), modifisert av Dickson og Millero (1987). Det ble benyttet totalskala for pH (pH_T) ved å benytte konstanten for HSO_4^- fra Dickson (1990). Kalsiumkonsentrasjonen ($[\text{Ca}^{2+}]$) ble antatt proporsjonal med saltholdighet (Mucci, 1983), og korrigert for trykk i følge Ingle (1975). På IMRs faste snitt manglet

data på fosfat og silikat. Dette introduserte en feil på ca 0.8% i beregnet metningsgrad av kalsitt og aragonitt. Oppdatering av disse verdier vil gjøres så snart fosfat og silikat data blir tilgjengelig.

3. Resultater

3.1 Vannsøyledata fra Torungen-Hirtshals

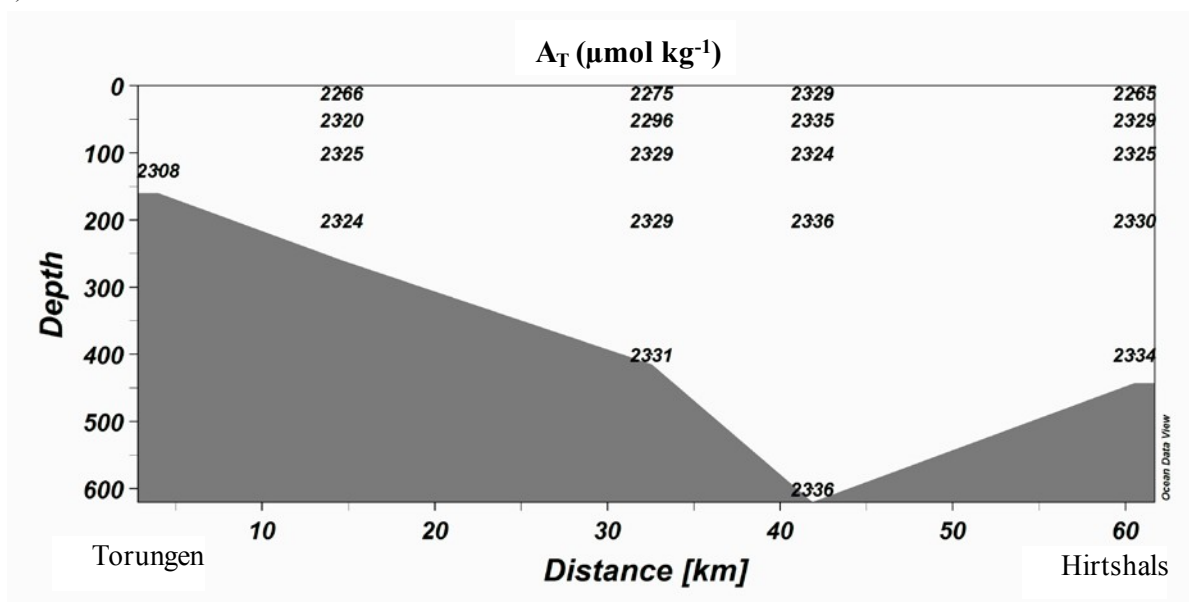
Målinger ble foretatt på de avmerkede stasjonene i det faste snittet Torungen-Hirtshals på prøver samlet i januar (*Figur 2*). *Tabell 1* i vedlegg A presenteres stasjoner, posisjoner og data.



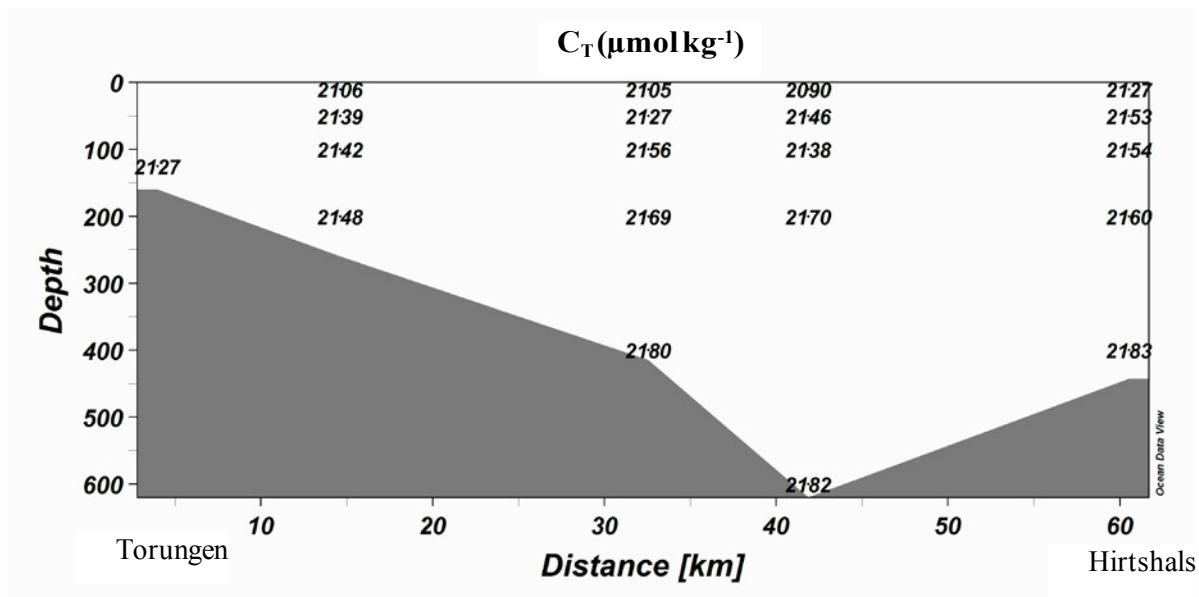
Figur 2. Stasjoner for Havforskningsinstituttets faste snitt Torungen-Hirtshals i januar 2012 (blå punkter). Resultatene er tabellert fra kysten og utover (Tabell 1), og figurer som fremstiller vertikalfordeling av variabler langs snittet starter med kysten til venstre.

Vinterdata fra januar 2012 viser generelt lave A_T og C_T verdier i overflaten og høyere i dypet (*Figur 3*). På den sørligste stasjonen har A_T lavere konsentrasjon enn på de nordlige stasjonene. Dette viser sannsynligvis påvirkning av vann fra Jyllandsstrømmen (*Figur 3*) og de høye viser påvirkning av Atlantervannet. Tilsvarende viste pH *in situ* og Ω_{Ar} lavere verdier i sørligste stasjonen (*Figur 4*). Omega for kalsitt og aragonitt er begge over metning. Middelerdi for Ω_{Ar} og Ω_{Ca} var $1,9 \pm 0,2$, og $3,0 \pm 0,3$ for hele området og alle dyp. I dypvannet bidrar blant annet respirasjon i Atlantervannet til lave pH og lav metningsgrad

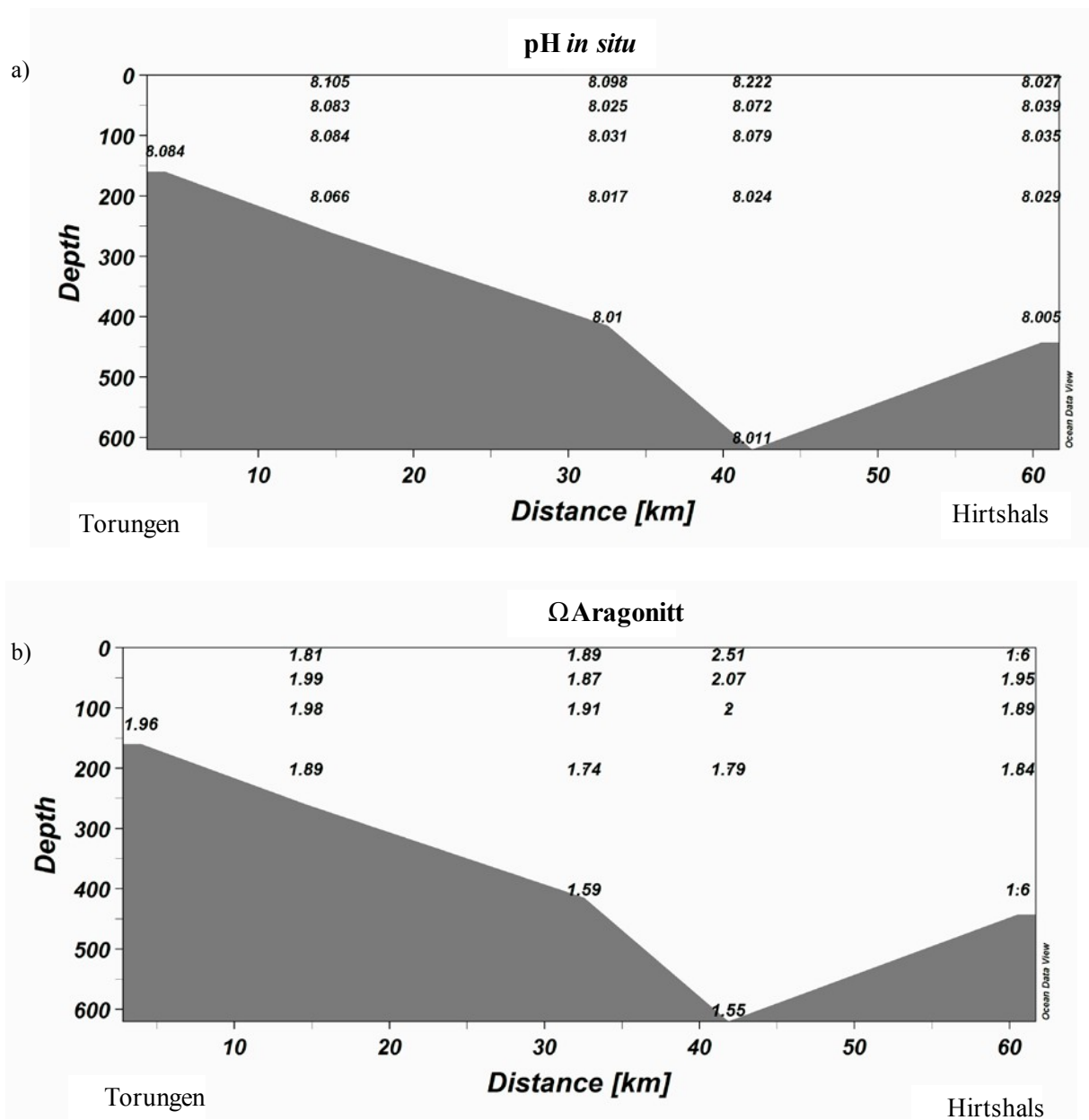
a)



b)



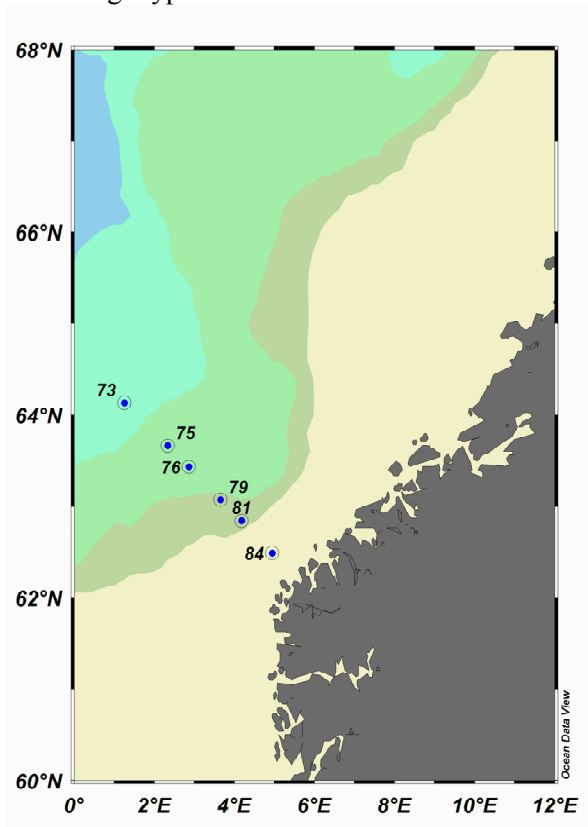
Figur 3. Januardata fra Torungen-Hirtshals på: a) total alkalinitet (A_T , $\mu\text{mol kg}^{-1}$), b) Totalt uorganisk karbon (C_T , $\mu\text{mol kg}^{-1}$).



Figur 4. Januar data fra Torungen-Hirtshals på: a) pH in situ og b) aragonitt metningsgrad (Ω Aragonitt).

3.2 Vannsøyledata fra Svinøy-NV

Snittene fra Svinøy-NV fanger opp kystvannet og viktige deler av Atlanterhavsvann i Norskehavet. Dette snittet har hydrografisk historie tilbake til 1935. I 2012 ble det utført målinger av karbonkjemi i hele vannsøylen på vannprøver fra de faste stasjonene i det hydrografiske snittet mellom Svinøy og 64°40'N, 0°0'V. Prøvene ble hentet i mars (6 stasjoner) (*Figur 5*). I *Tabell 2* finnes detaljer om posisjon og karbonatsystem data og dyp.

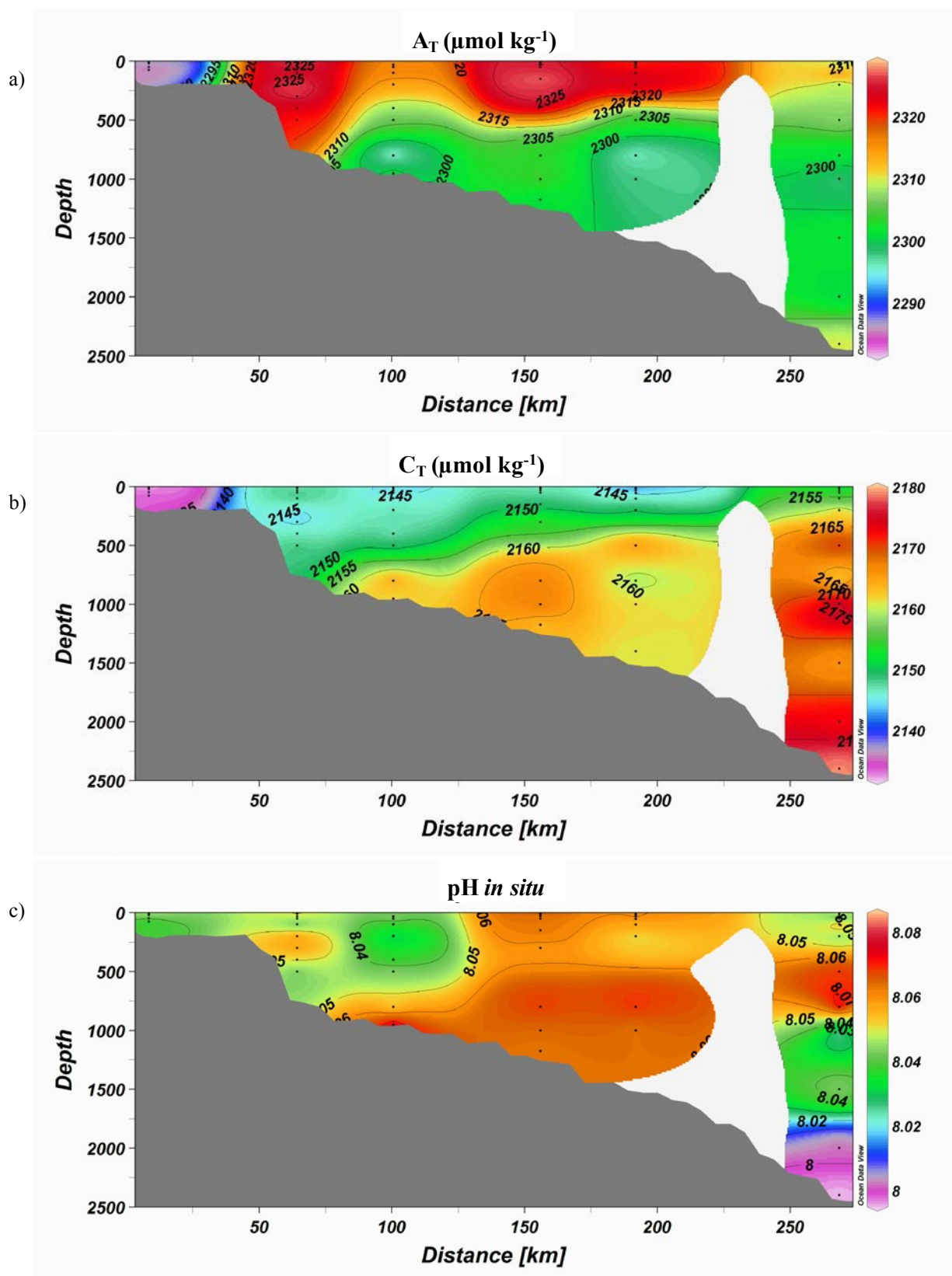


Figur 5. Kart over stasjoner på faste snitt Svinøy-N.

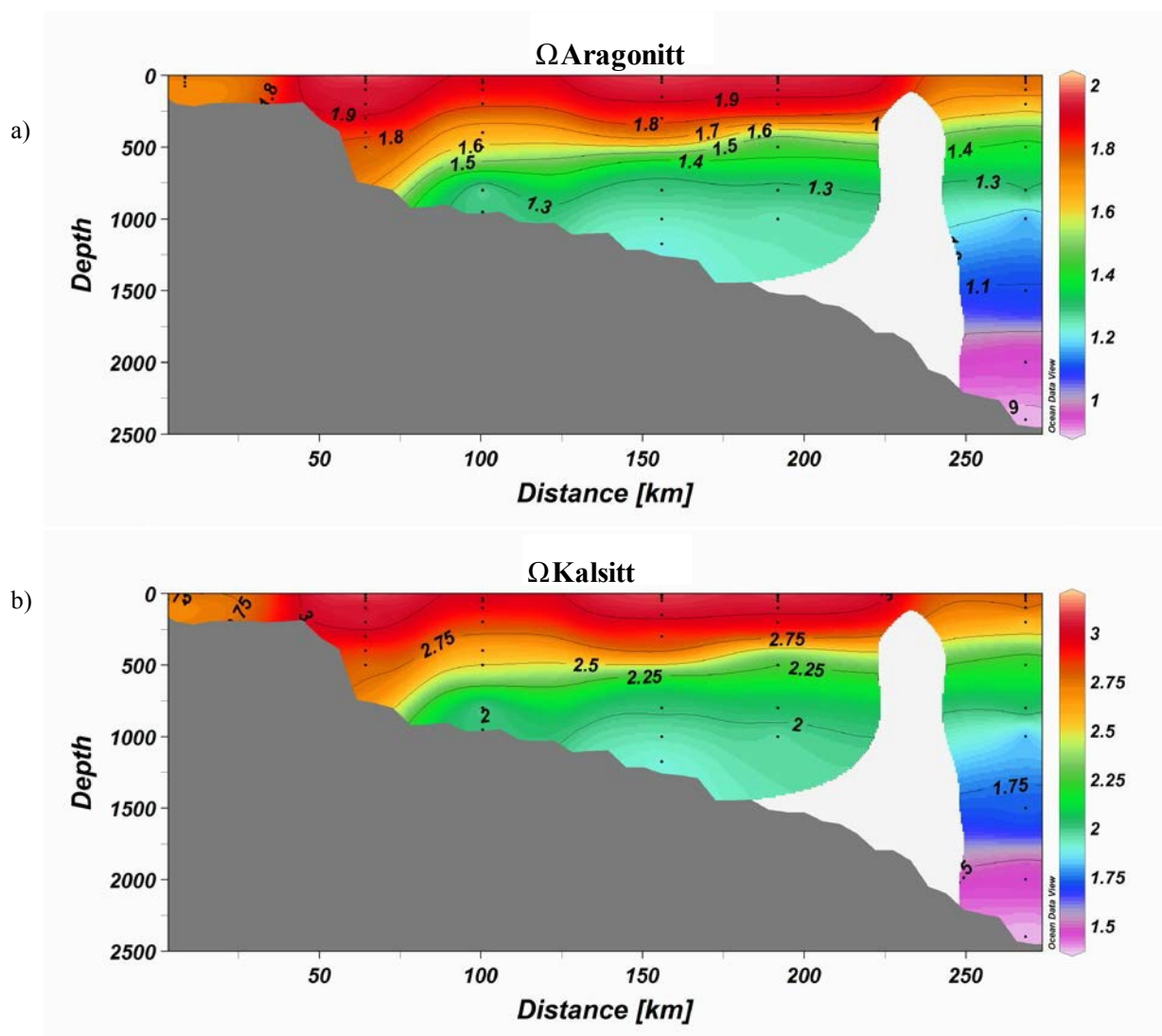
A_T viser lave verdier ved kysten, dette er karakteristisk for kyststrømmen som ved dette snittet sees klart ut til 25 km. Mellom 50 km og 250 km ut fra kysten observeres høyere verdier av A_T fra overflaten ned til ca 500 meters dyp. Dette viser påvirkning av Atlanterhavsvannet. C_T øker gradvis fra lave verdier ved kysten til høye verdier i Atlanterhavsvannet i nord og utover i Norskehavsbassenget (*Figur 6*). Det underliggende norskehavsvannet viser C_T -verdier fra ca 2160 $\mu\text{mol kg}^{-1}$ under 500 meters dyp.

pH *in situ* er lavest i overflaten ved kysten med pH mellom 8,00 og 8,05. Fra kysten til 125 km er pH verdiene relativt homogene i dypet med pH verdier på cirka 8,05. Atlanterhavsvannet utenfor 125 km har pH like over 8,05. Videre nordover øker pH på grunn av økt A_T og viser påvirkning av Atlanterhavsvannet som transporteres i den norske Atlanterhavstrømmen. Atlantervannet tar opp mye antropogent CO_2 under veis nordover da den kjøles av og tar opp mer CO_2 .

Beregnet aragonitt- og kalsittmetning viser relativt homogene verdier i overflaten på ca 1,8 og 2,8. Undermetning av aragonitt (<1) vises ved 2400 meter der kalsittmetningen er 1,5 (*Figur 7*).



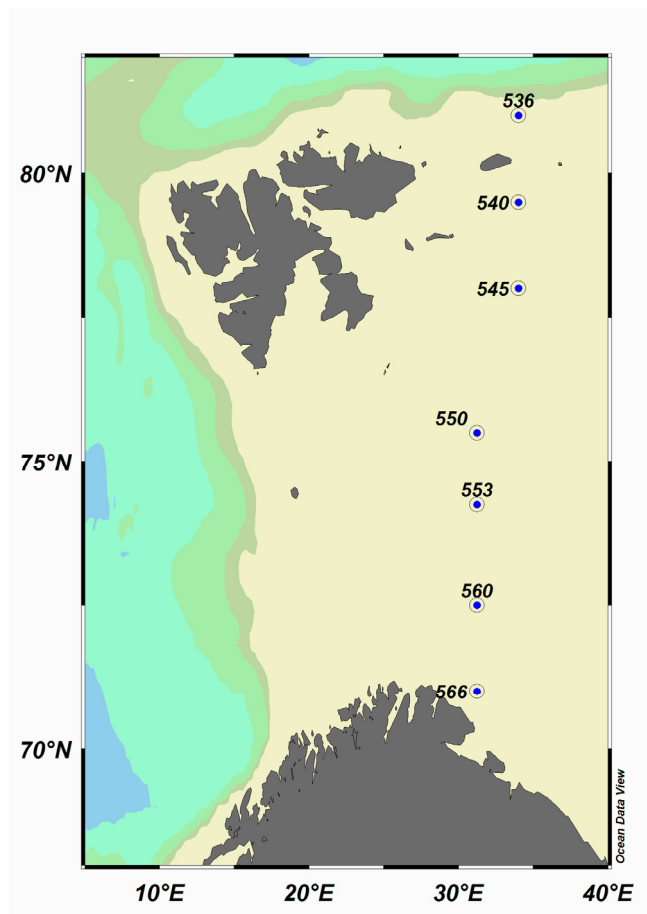
Figur 6. Marsdata fra det faste snittet Svinøy-NW. Fra øverst til nederst: a) total alkalinitet (A_T , $\mu\text{mol kg}^{-1}$), b) Totalt uorganisk karbon (C_T , $\mu\text{mol kg}^{-1}$), c) og pH *in situ*



Figur 7. a) Aragonitt (Ω_{Ar}) og b) kalsitt (Ω_{Ca}) metning i mars 2012 langs det faste snittet Svinøy-NV.

3.3 Vannsøylen fra Vardø-N.

Nytt for 2012 er at det ble utført målinger av karbonkjemi i hele vannsøylen på vannprøver fra de faste stasjonene i det hydrografiske snittet nord fra Vardø. Snittet fanger opp Atlanterhavsvann og vann påvirket av polarvann fra nord. Prøvene ble hentet i september (**Figur 8**). I **Tabell 3** viser posisjoner, dyp og stasjonsnummer.

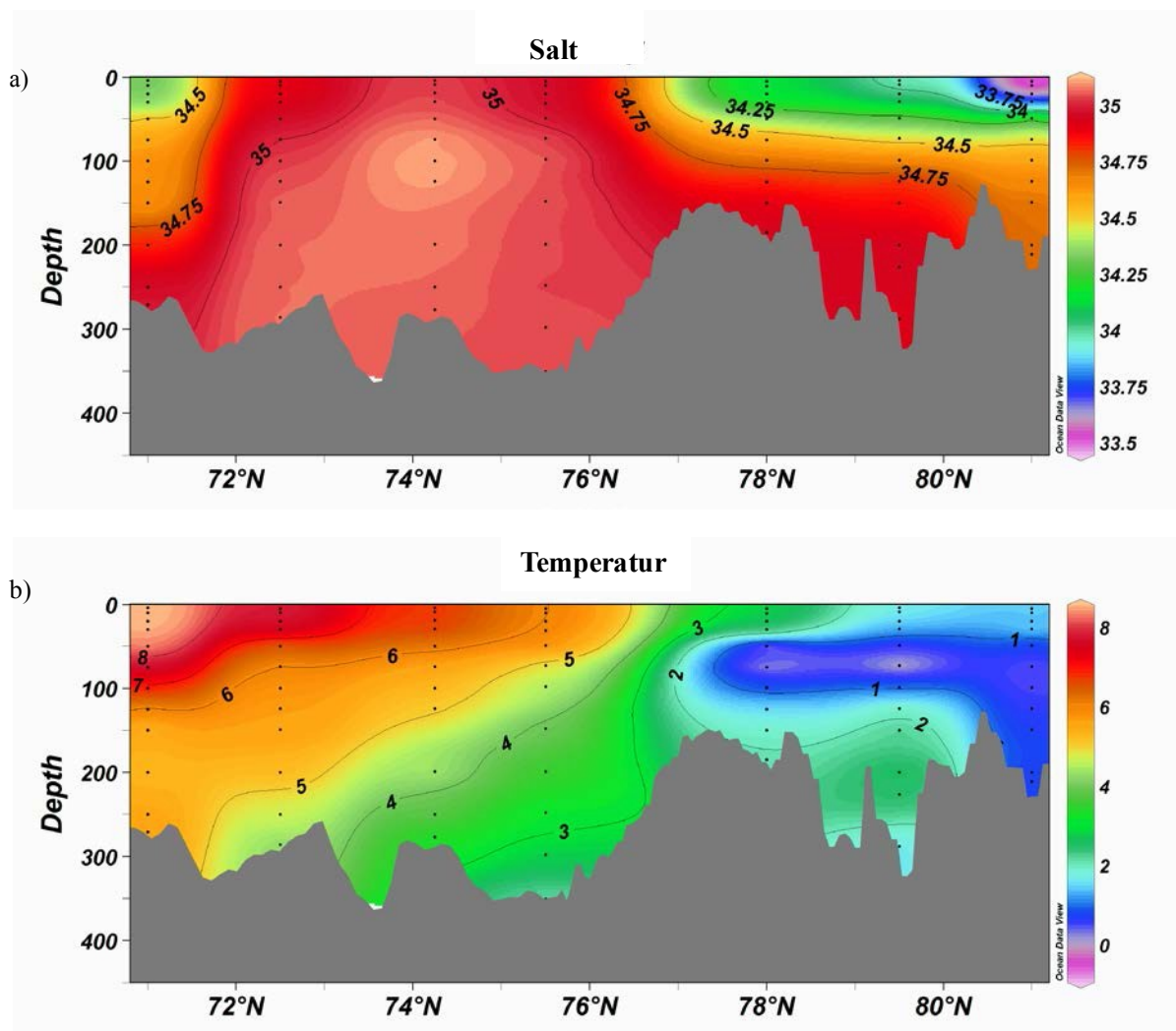


Figur 8. Kart over stasjoner på det nye faste snitt Vardø-N (blå prikker).

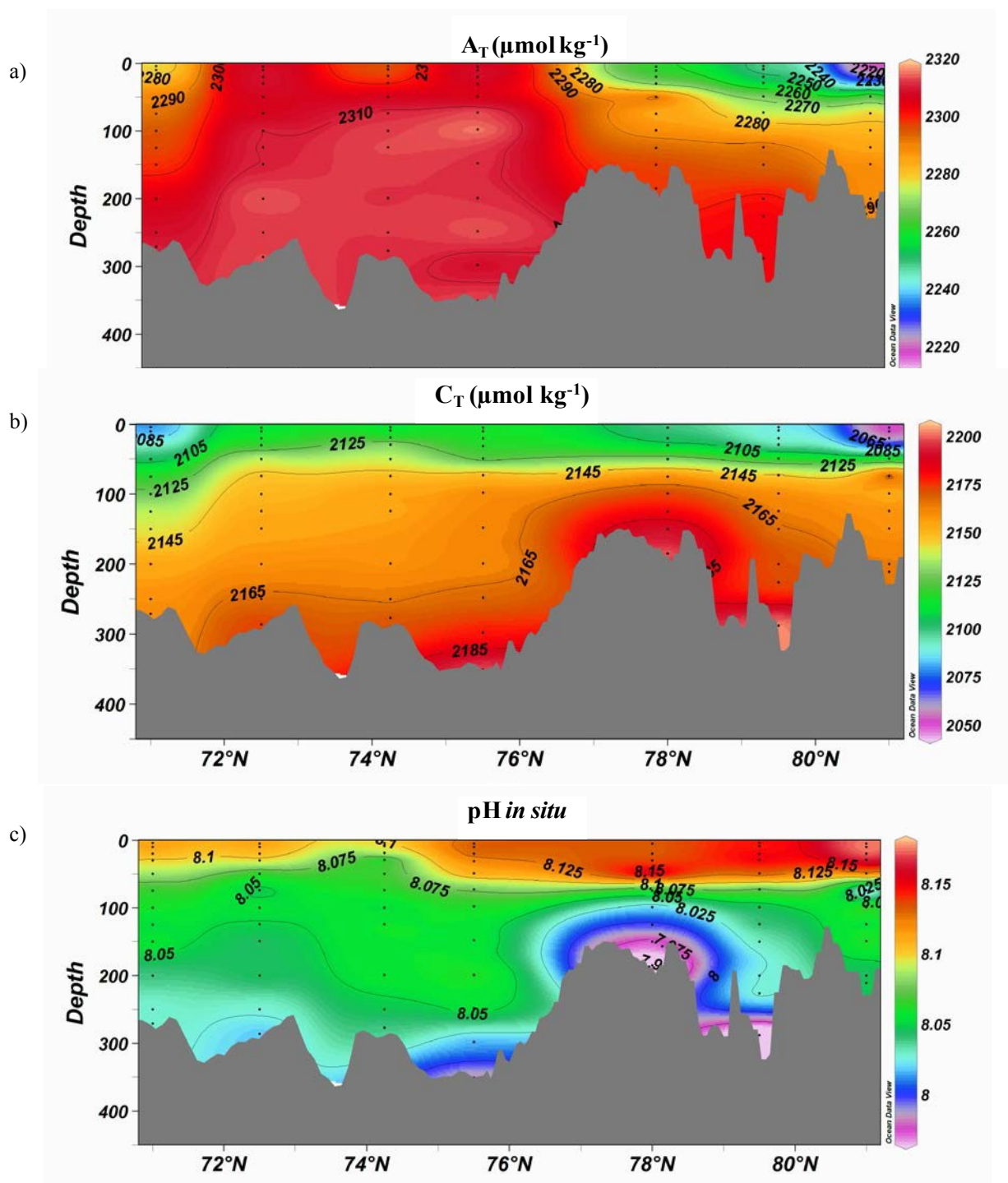
I overflaten i Barentshavet langs Vardø-N ser man tydelig innflytelsen av relativt ferskt og varmt vann fra kyststrømmen på den sørligste stasjonen ved 62,49 N, som viser at kyststrømmen beholder mange av sine karbonkjemiske karakteristika som ble observert i Svinøy snittet (**Figur 9**). Nordenfor kyststrømmen viser salt og temperatur langs snittet tydelig innflytelse av varmt og salt Atlanterhavsvann som strekker sig til ca 78 N, der det møter det kalde og ferskere polarvannet ved den såkalte polarfronten (**Figur 9**).

I de nordligste delene av snittet ser man innflytelsen av vann som er påvirket av sesongmessig isdekke og polarvann. A_T og C_T verdier er lavest i overflaten i kyststrømmen og i polarvannet. De høyeste verdiene finner vi i Atlanterhavsvannet ved overflaten der A_T viser ca 2320 og C_T 2125 $\mu\text{mol kg}^{-1}$ (**Figur 10**).

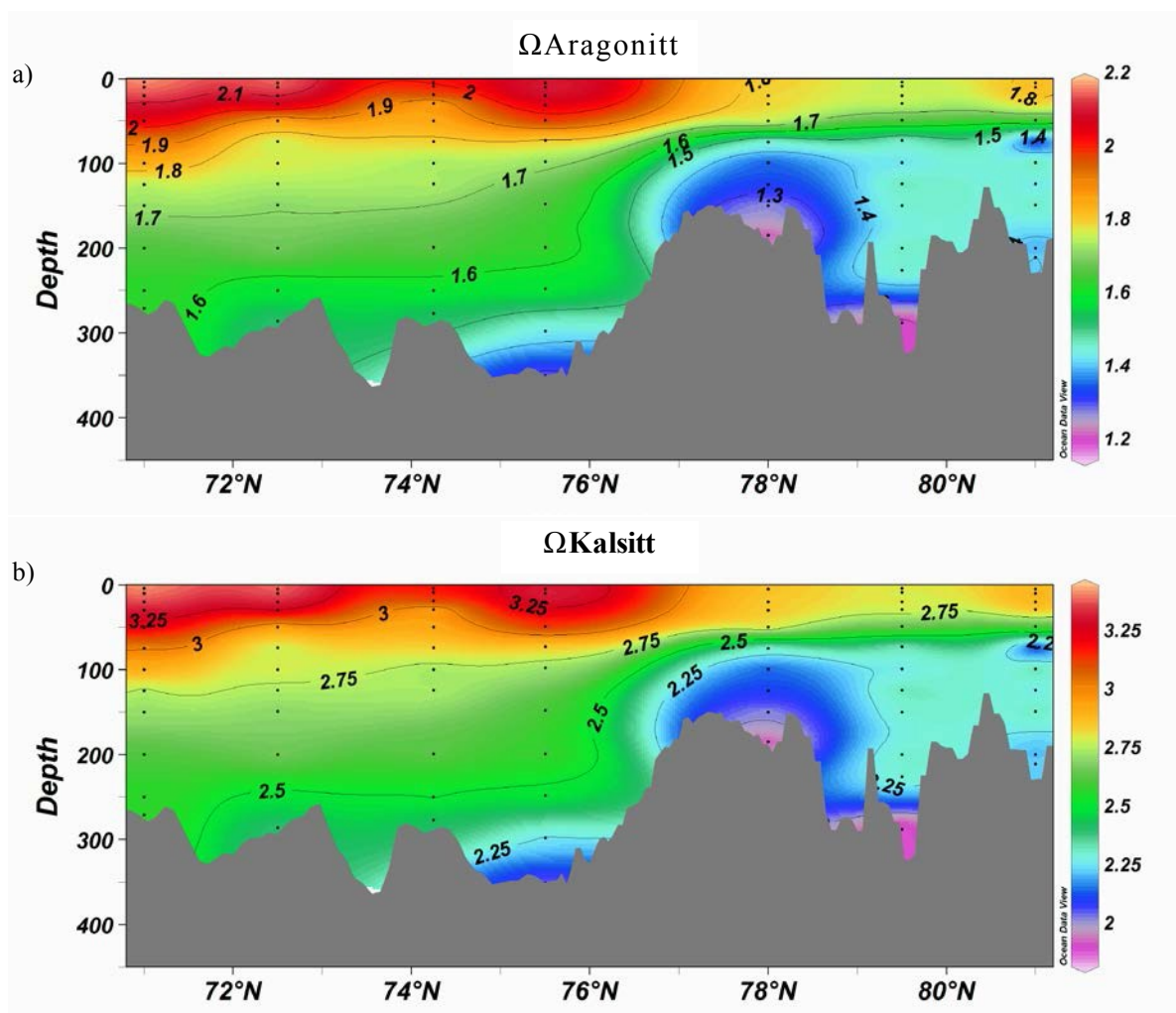
Laveste A_T og C_T verdier observeres i polarvannet med 2220 og 2065 $\mu\text{mol kg}^{-1}$. Dette er i motsetning til pH som viser de høyeste verdier i polarvannet med ca 8.15. Aragonitt- og kalsittmetningen minker gradvis fra sør til nord i hele vannsøylen (**Figur 11**) med verdier mellom ca 2 og 3 i overflaten og minkende verdier med dypet. Aragonitt og kalsitt viser overmetning i hele vannsøylen. Laveste verdier er 1,2 og 2 ved bunnen på de nordligste stasjonene i polarvannet ved 78 °N og 80 °N (**Figur 11**), her kommer sannsynligvis økningen i CO_2 fra mikrobiell nedbrytning av organisk materiale over lang tid og ikke fra antropogen havforsuring



Figur 9. a) Saltholdighet, og b) temperatur langs Vardø-N.



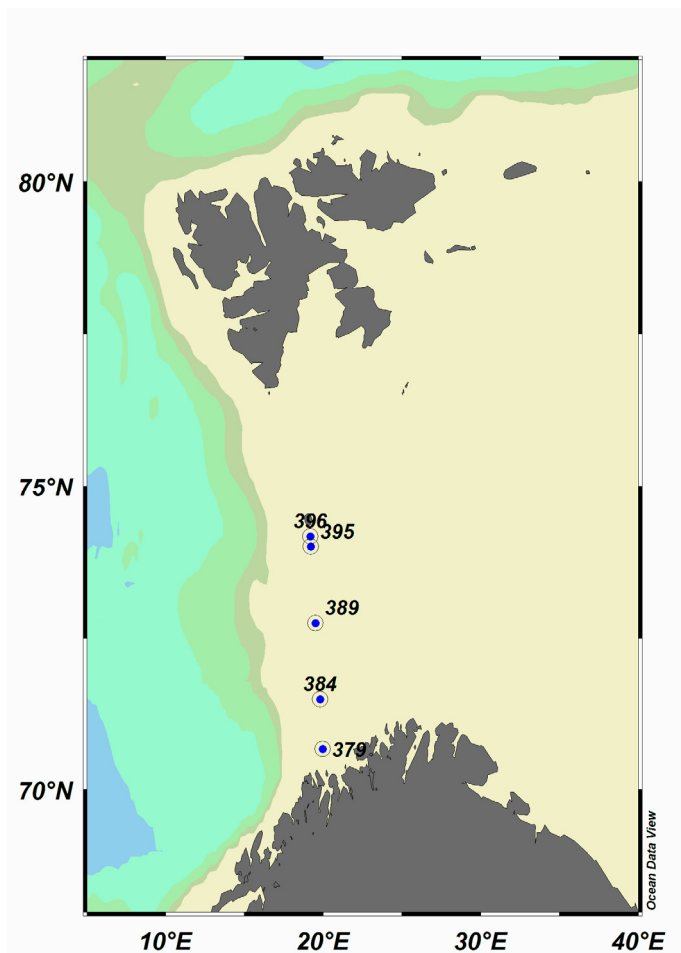
Figur 10. September data fra det faste snittet Vardø-N. Fra øverst til nederst: a) total alkalinitet (A_T , $\mu\text{mol kg}^{-1}$), b) Totalt uorganisk karbon (C_T , $\mu\text{mol kg}^{-1}$), og c) pH in situ.



Figur 11. a) Aragonitt (Ω_{Ar}) og b) kalsitt (Ω_{Ca}) metning i september langs det faste snittet Vardø-N.

3.4 Vannsøylen Fugløya-Bjørnøya (sørlige del av Barentshav)

I 2012 ble det utført målinger av karbonkjemi i hele vannsøylen på vannprøver fra seks faste stasjoner i det hydrografiske snittet mellom Fugløya-Bjørnøya i mars og august (*Figur 12*). I *Tabell 4* presenteres stasjoner, posisjoner og data i mars og for august 2012 i *Tabell 5*.

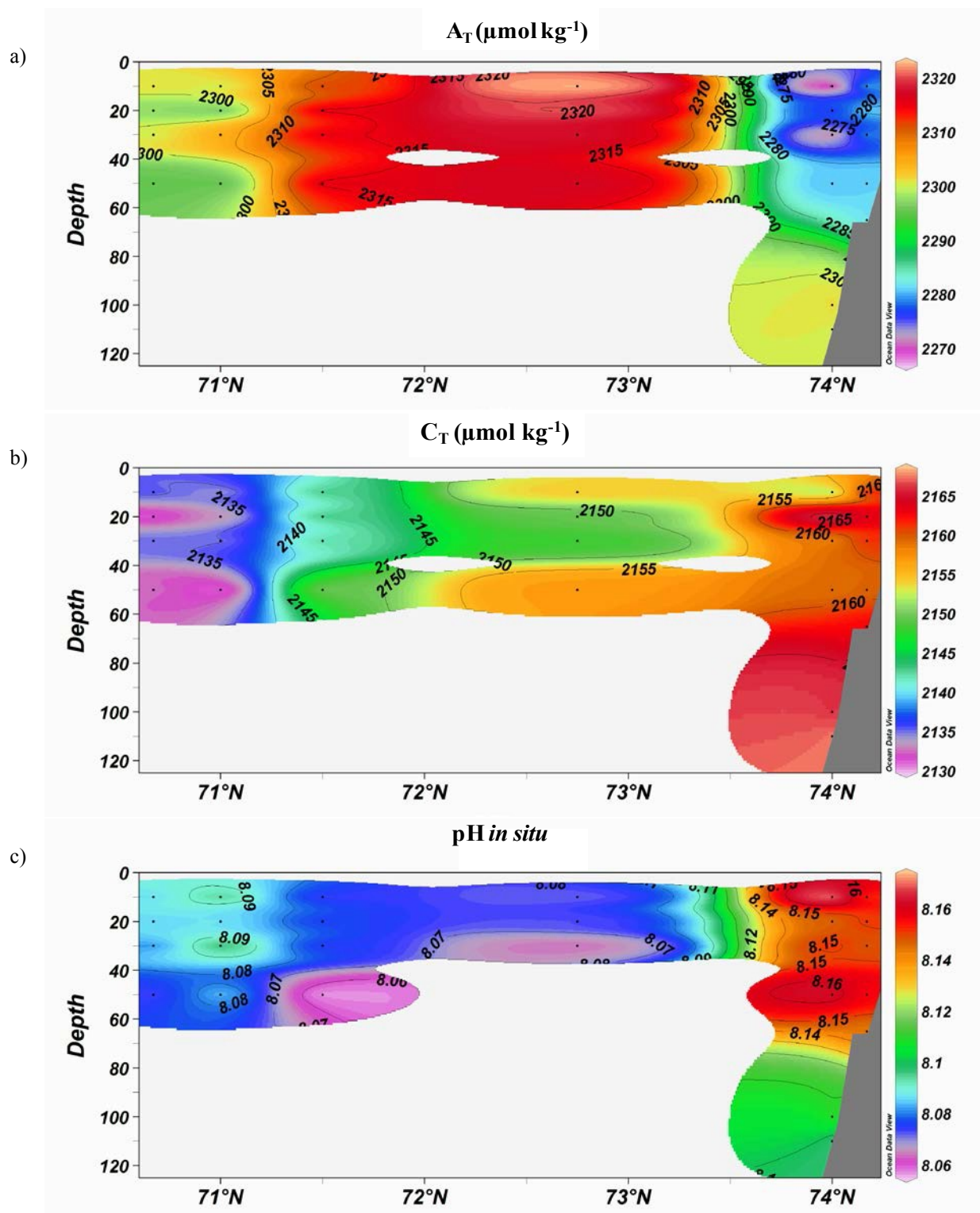


Figur 12. Kart over stasjoner på det faste snittet Fugløya-Bjørnøya i 2012 (blå prikker).

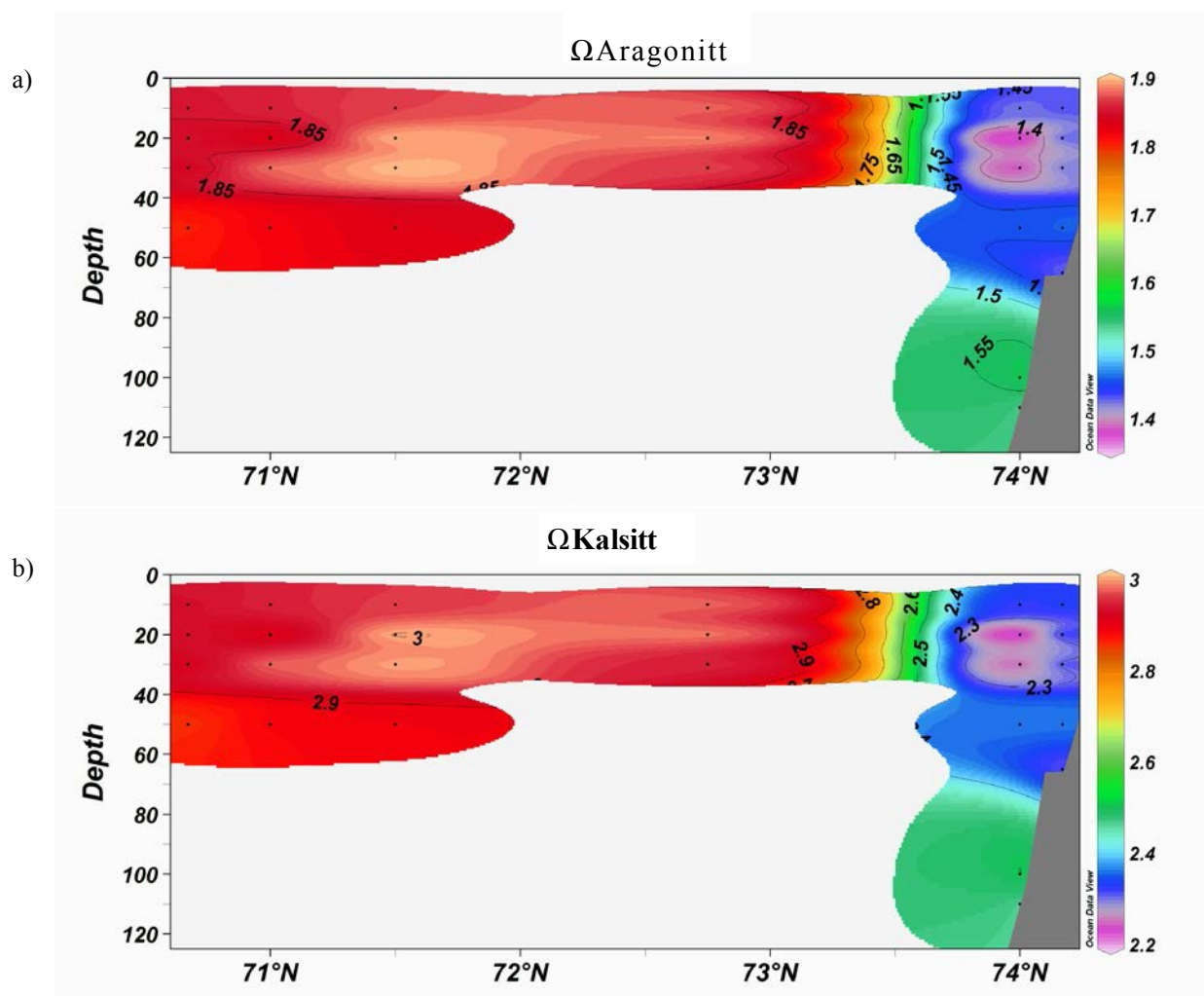
I det sørlige Barentshavet ser vi tydelig skille i C_T og A_T mellom de mer kystnære stasjonene der C_T og A_T er lavest i den kystnære stasjonen i øvre 50 m på grunn av ferskvannsinholdet (*Figur 13*). Nord i Barentshavet vises det salte og varme Atlanterhavsvannet med høye og homogene A_T verdier og med lave pH verdier (*Figur 13*). Ved 73.5 N skiftes Atlanterhavsvann ut med polarvann og her finner vi de laveste A_T - verdiene. C_T øker gradvis fra sør til nord med høyeste verdier i polarvannet på 30 meters dyp. Dette medfører at Ω_{Ar} -verdiene er lave i nord, og disse lave naturlige verdier er en grunn til at Arktiskhav er et av de mest følsomt for videre havforsuring. Metningsgraden er 1.9 sør for polarfronten og nede på 1,4 mellom 20 og 40 meters dyp i polarvannet (*Figur 14*).

I august fører ferskvannstilførsel og primærproduksjon til lavere C_T og høyere pH *in situ* relativt til verdiene i mars (*Figur 15*, *Figur 16*). C_T har minket fra ca 2165 til 2090 $\mu\text{mol/kg}$ i den nordlige delen av snittet, men A_T viser rimelig like verdier mellom mars og august. Atlanterhavsvannet viser liten forskjell mellom mars og august (*Figur 13*, *Figur 14*).

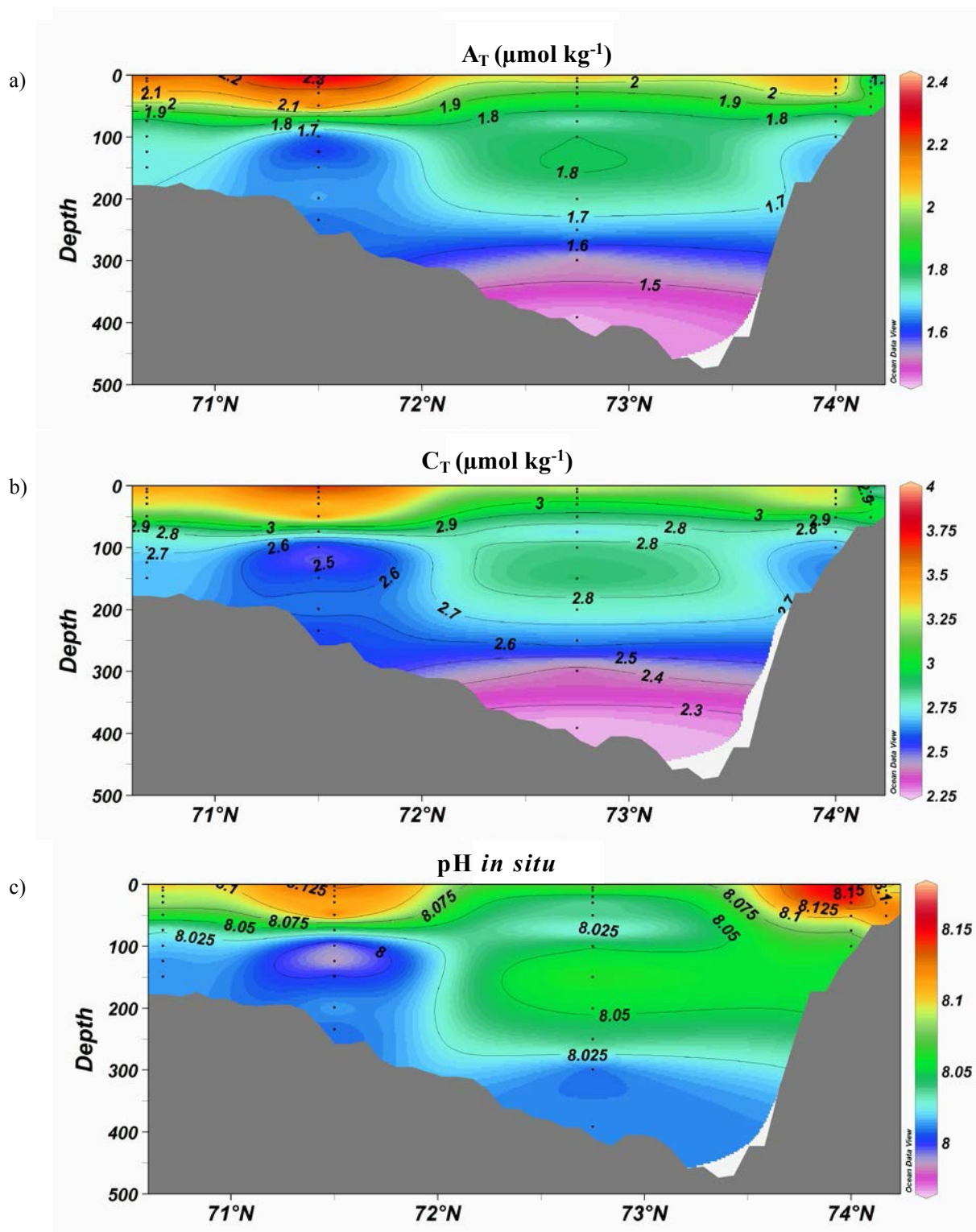
Metningsgraden av aragonitt og kalsitt viser tydelig sesongvariasjon med høyere verdier i august i overflaten på grunn av CO_2 opptak under primærproduksjon om sommeren. Dette er spesielt tydelig i polarvannet (*Figur 16*).



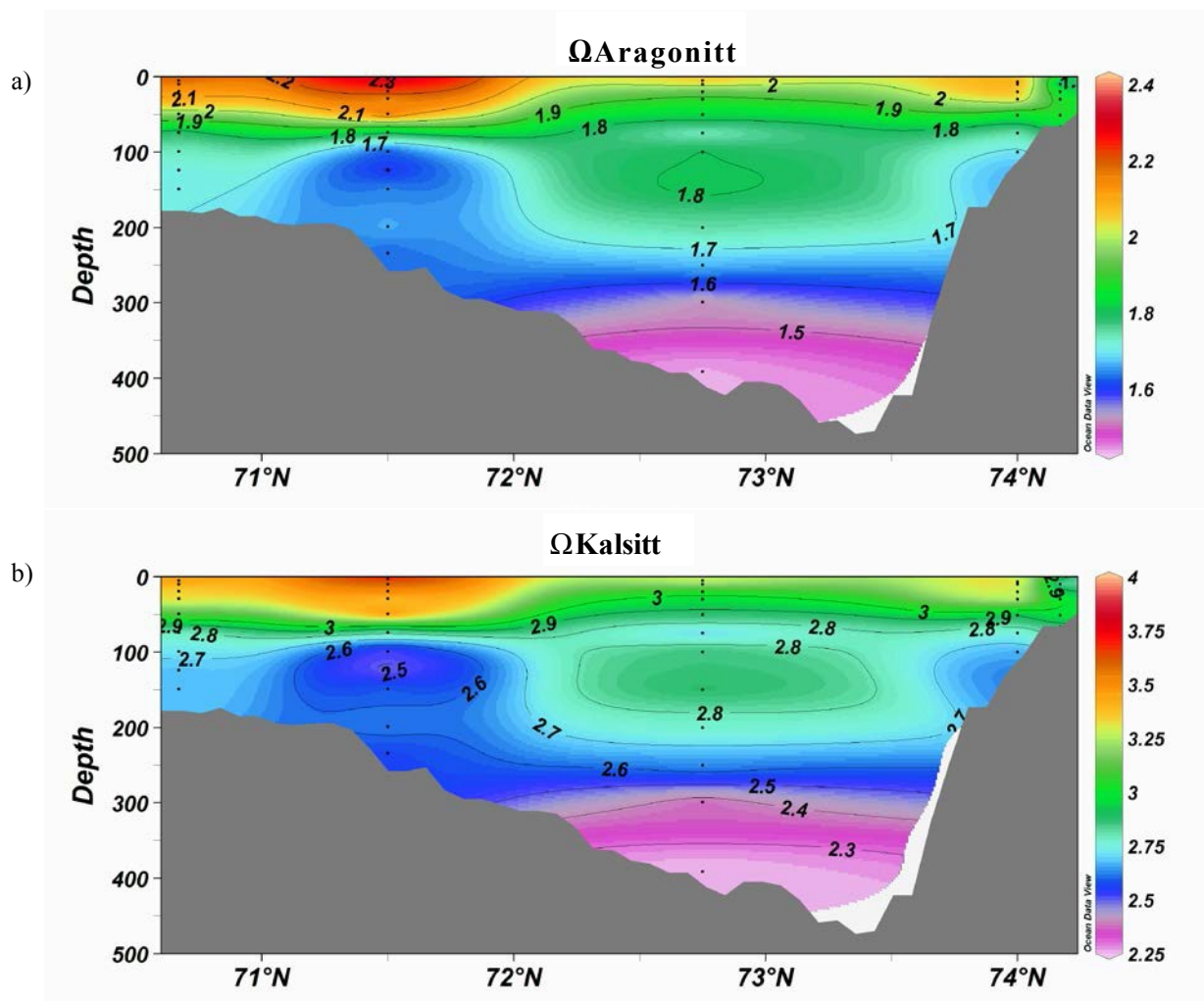
Figur 13. Mars data fra det seks stasjoner i det sørlige Barentshavet mellom Fugløya og Bjørnøya, fra øverst til nederst: a) total alkalinitet (A_T , $\mu\text{mol kg}^{-1}$), b) Totalt uorganisk karbon (C_T , $\mu\text{mol kg}^{-1}$), og c) pH *in situ*.



Figur 14. a) Aragonitt (Ω_{Ar}) og b) kalsitt (Ω_{Ca}) metning i september langs det faste snittet Vardø-N.



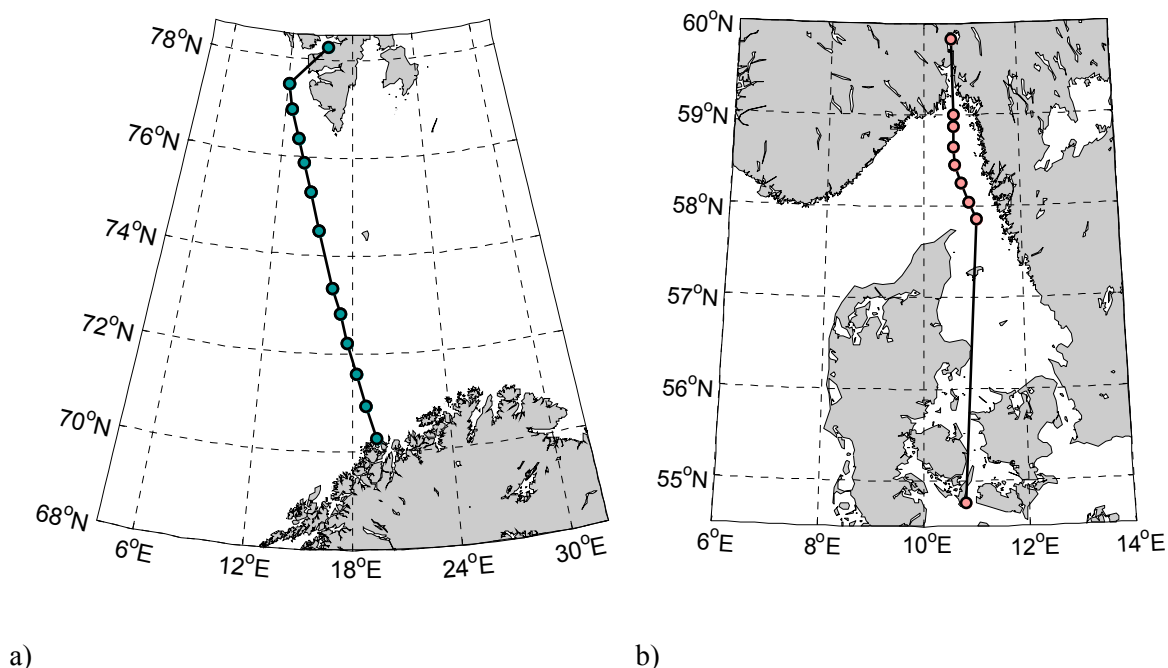
Figur 15. Marsdata fra seks stasjoner i det sørlige Barentshavet mellom Fugløy og Bjørnøya, fra øverst til nederst: a) total alkalinitet (A_T , $\mu\text{mol kg}^{-1}$), b) Totalt uorganisk karbon (C_T , $\mu\text{mol kg}^{-1}$), og c) pH in situ.



Figur 16. Metning av a) Aragonitt (Ω_{Ar}) og b) kalsitt (Ω_{Ca}) langs det faste snittet Fugløya-Bjørnøya i august 2012.

3.5 Overflatedata Tromsø-Longyearbyen og Oslo-Kiel

Overflatedata fra Barentshavsåpningen og Skagerrak 2012 ble innsamlet ved bruk av *Ships Of Opportunity* (SOOPs) som seiler faste ruter mellom Tromsø-Longyearbyen (MS Norbjørn) og Oslo-Kiel (*Color Fantasy*) (Figur 17, a og b). Skipene på disse rutene brukes også i NIVAs Ferrybox-nettverk slik at Ferryboxdata som temperatur og salinitet kan supplere målingene. På disse skipene er det planlagt å installere nye sensorer som kan måle kontinuerlig pCO₂ og pH (Yakushev og Sørensen, 2013).



Figur 17. Stasjoner for transektene a) Tromsø-Longyearbyen og b) Oslo-Kiel. Stasjonene kan variere noe med værforholdene, spesielt for snittet mellom Tromsø og Longyearbyen. I 2012 ble det normalt tatt 11 stasjoner for Tromsø-Longyearbyen og 8 stasjoner i Oslofjorden/Skagerrak.

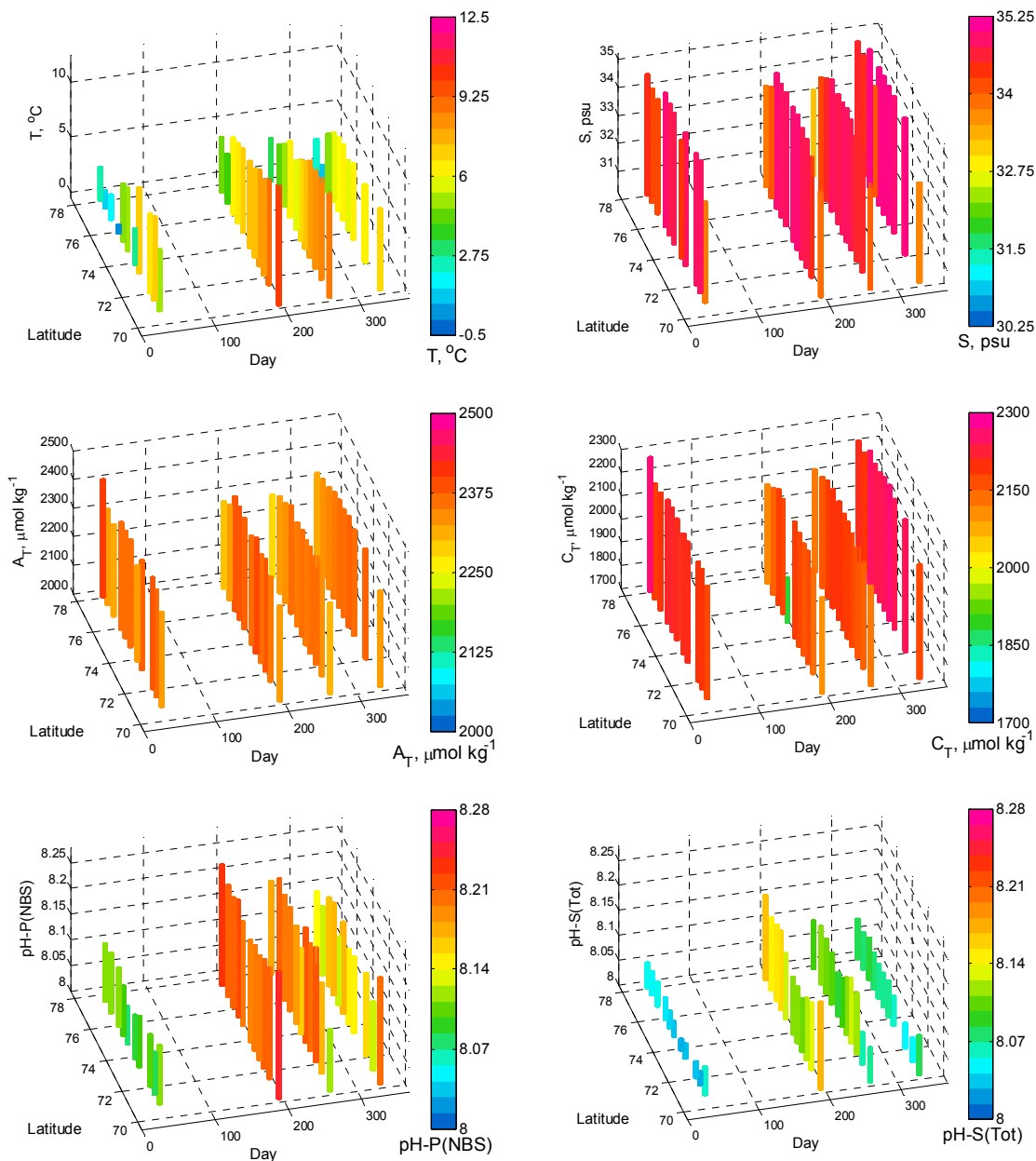
Resultatene av målt temperatur, salinitet, A_T, C_T, pH-S(Tot) og pH-P(NBS) er vist separat for Barentshavsåpningen (Figur 18, Figur 19 og Tabell 6) og Skagerrak (Figur 20, Figur 21 og Tabell 7).

3.5.1 Tromsø-Longyearbyen

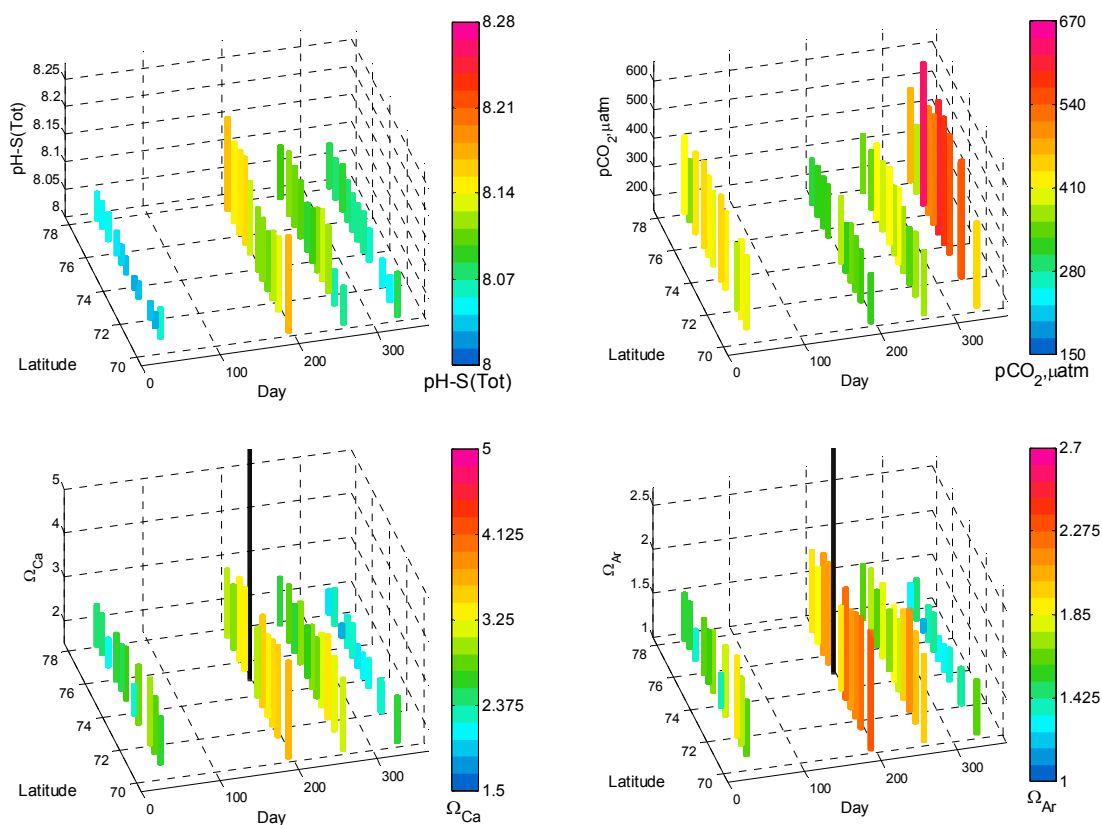
Snittet Tromsø-Longyearbyen går langs Barentshavsåpningen og preges av flere havstrømmer med både polart og atlantisk vann. Variasjonen i forskjellige vanntyper reflekteres i dataene ved at det kan være stor forskjell fra stasjon til stasjon langs snittet. Vinterverdiene (februar) for pH var lave for alle stasjoner (8,023-8,057 (pH-S) og 7,95 – 8,11 (pH-P)), sammenlignet med sommerverdier (juli) av pH (8,107 – 8,176 (pH-S) og 8,19-8,25 (pH-P)). Sommerverdiene viser altså høyere variasjon enn vinterdataene. Prøvene blir tatt både ved natt og dag og det kan påvirke variasjonen både per tokt og mellom tokt. Eksempelvis er vinterdataene fra februar tatt på dager med delvis mørketid, mens sommerdataene i juli er tatt under dager med midnattsol. Denne variasjonen ble også sett både i 2010 og 2011, men i motsetning til disse årene fant vi ikke høye pH verdiene (som kunne ligge opp mot 8.4 tidligere år) ved Svalbard om sommeren 2012. Dette kan forklares hvis våroppblomstringen av planteplankton var over i juli slik at primærproduksjonen var lav.

Metningen til aragonitt (Ω_{Ar}) lå mellom 1,14 og 2,36 (15/7-12 var det en outlier på 4.9 fra en lav C_T måling (1891,7 $\mu\text{mol/kg}$) på grunn av analysefeil. Det gir også feil i beregningen av kalsitt og

aragonitt.) med laveste verdier i november (1,1-1,6), der minimum lå ved sørsippen av Svalbard (1,14) mens verdiene ved kysten av Norge var høyere (1,6). Sommerdataene har høyeste verdier som juli med 1,9 ved Svalbard og 2,36 ved norskekysten. Høyeste verdi var ved kysten av Norge i juli.



Figur 18. Transektet Tromsø-Svalbard: målt temperatur, salinitet, A_T , C_T , pH-P(NBS) og pH-S(Tot) i 2012 (dybde nivå 3-4 m). Vinterverdiene (februar) for pH var lave for alle stasjoner (8,023-8,057 (pH-S) og 7,95 – 8,11 (pH-P)), sammenlignet med sommerverdier (juli) av pH (8,107 – 8,176 (pH-S) og 8,19-8,25 (pH-P)) Den 15/-12 fant vi lav C_T måling (1891,7 $\mu\text{mol/kg}$), trolig på grunn av analysefeil

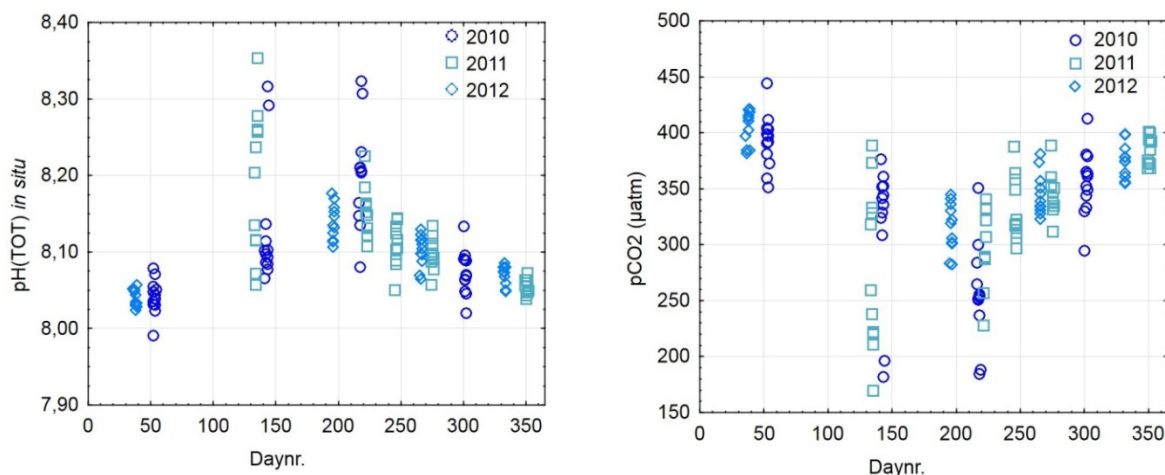


Figur 19. Transektet Tromsø-Svalbard: beregnet pH-S (Tot), $p\text{CO}_2$, Ω_{Ca} og Ω_{Ar} i 2012 (dybde nivå 3-4 m). Aragonitt- og kalsittmetningsgraden, samt $p\text{CO}_2$, er beregnet fra A_T og C_T . Outlier 15/7-12 for Ω_{Ca} og Ω_{Ar} merket i sort. 9 fra en lav C_T måling ($1891,7 \mu\text{mol/kg}$) på grunn av analysefeil. Det gir også feil i beregningen av kalsitt og aragonitt.)

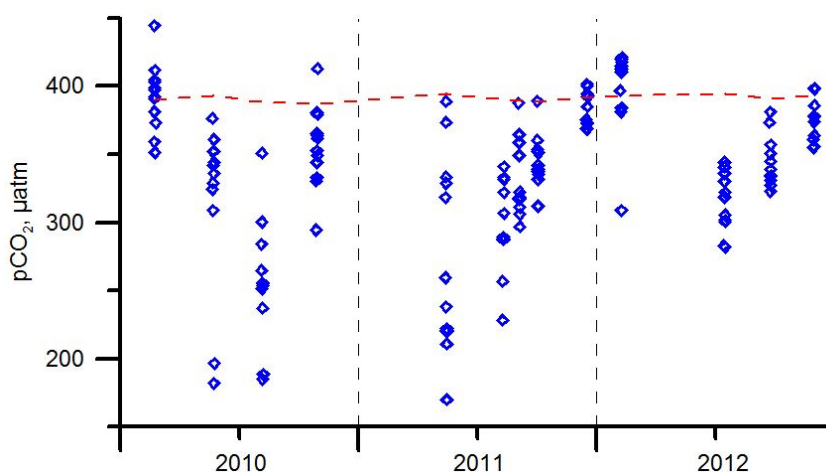
Arktis er et område som er spesielt utsatt for havforsuring og et av stedene hvor man kan regne med å se tidlige effekter (AMAP, 2013). Som følge av at overflatemålingene i Barentshavet nå har pågått i 3 år 2009-2012, ble resultatene fra 2012 sammenlignet med tidligere år. Resultatene fra sammenligningen viser at det er høy sesongmessig variasjon, der biologisk aktivitet i sommerhalvåret spiller en stor rolle. Den biologiske aktiviteten er dårlig dokumentert i Arktis så direkte sammenligning ble ikke gjort, men det ble antatt at biologisk forbruk av CO_2 er grunnen til lav $p\text{CO}_2$ i sommersesongen.

Basert på dataene fra 2010-2012 ble det foretatt en analyse av den sesongmessige og år til år variasjonen. Resultatene er vist for pH(tot) og $p\text{CO}_2$ for Barentshavet i **Figur 20** og **Figur 21**.

Generelt viser de 3 årene samme sesongmessige variasjon. pH er karakterisert med høyere verdier i den varme perioden av året (8,05-8,35) og lavere om vinteren (7,98-8,09). $p\text{CO}_2$ ligger mellom 160-400 μatm om sommeren og 350-450 μatm under vinteren.



Figur 20. Sammenligning av data fra 3 år (2010-2012) for pH-S (Tot) og $p\text{CO}_2$ (μatm), beregnet fra A_T og pH-S(tot). Figuren viser sesongvariasjon med dagnummer på x-aksen. Transektet er relativt homogent for både pH og $p\text{CO}_2$ om vinteren mens om sommeren vises det stor spredning.



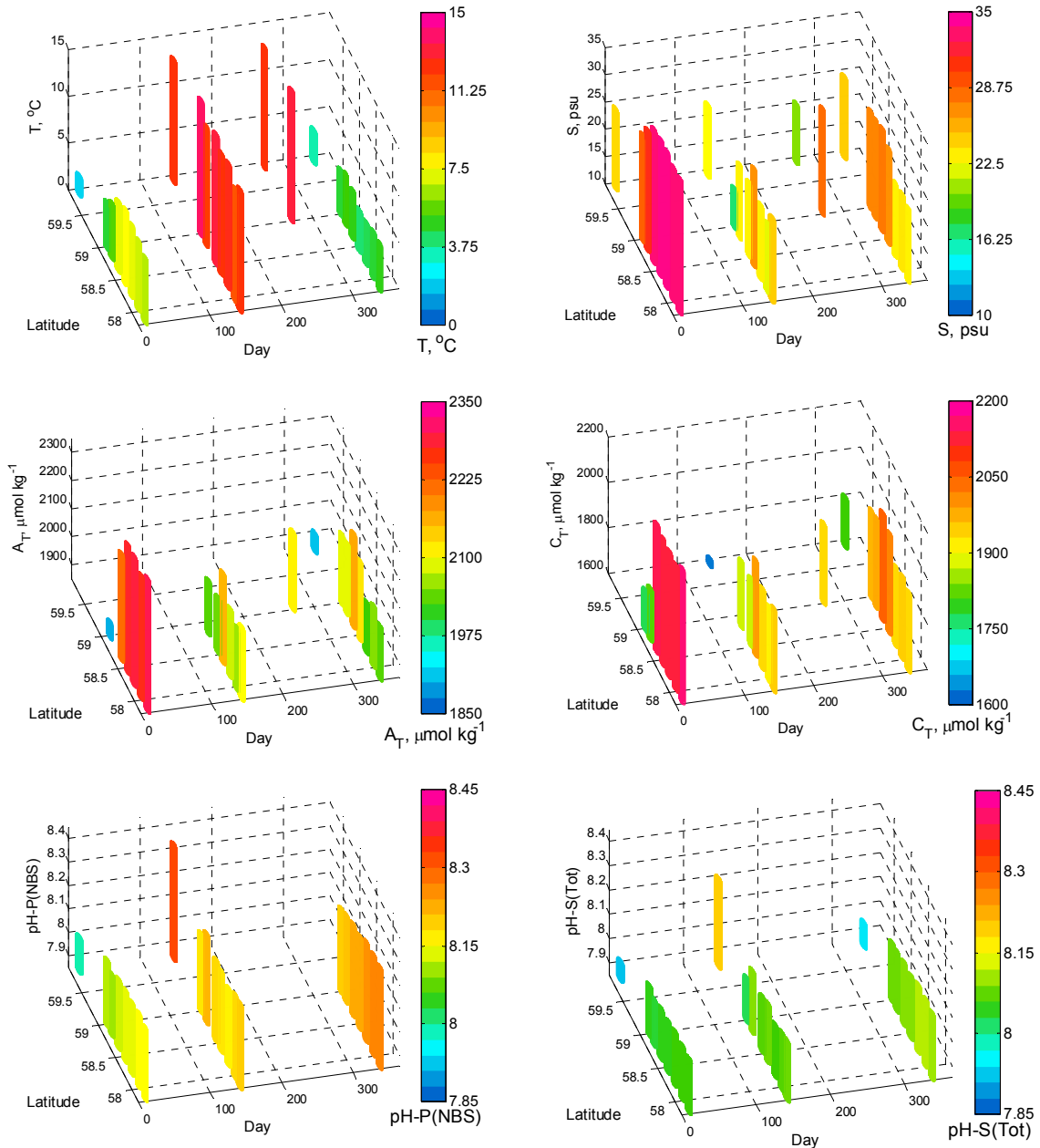
Figur 21. Atmosfærisk $p\text{CO}_2$ (ppm) (stiplet rød linje) plottet mot $p\text{CO}_2$ (μatm) i overflatevann, beregnet fra A_T og pH-S(tot) for tre år med målinger (2010-2012). Overflatevannet karakteriseres ved at CO_2 diffunderer fra atmosfæren til sjøvannet om vår, sommer og høst, og utlufting eller ingen fluks om vinteren.

Overvåkingsdata av atmosfærisk $p\text{CO}_2$ (ppm) fra Mauna Loa på Hawaii (NOAA, ESRL) nærmet seg en verdi på 400 ppm i slutten av 2012 blir i **Figur 21** sammenlignet med tidsseriedata av $p\text{CO}_2$. Dette viser hvordan overflatevannet karakteriseres ved at CO_2 diffunderer fra atmosfæren til sjøvannet om vår, sommer og høst, og utlufting eller ingen fluks om vinteren (Norli *et al.*, 2013).

Dataene viser at den geografiske variasjonen i Barentshavets overflatelag er mindre om vinteren enn sommeren (**Figur 21**). Dette pga av blomstring av planteplankton, horisontale gradienter i temperatur og organisk material som er mer utpreget om sommeren og som kan maskere mer langsiktige variasjoner. For bedre å forstå den sesongmessige variasjonen er det viktig å få gjort vintermålinger som optimalt kan bli gjort med *Ships Of Opportunity* - målinger og kontinuerlige målinger.

3.5.2 Oslo-Kiel

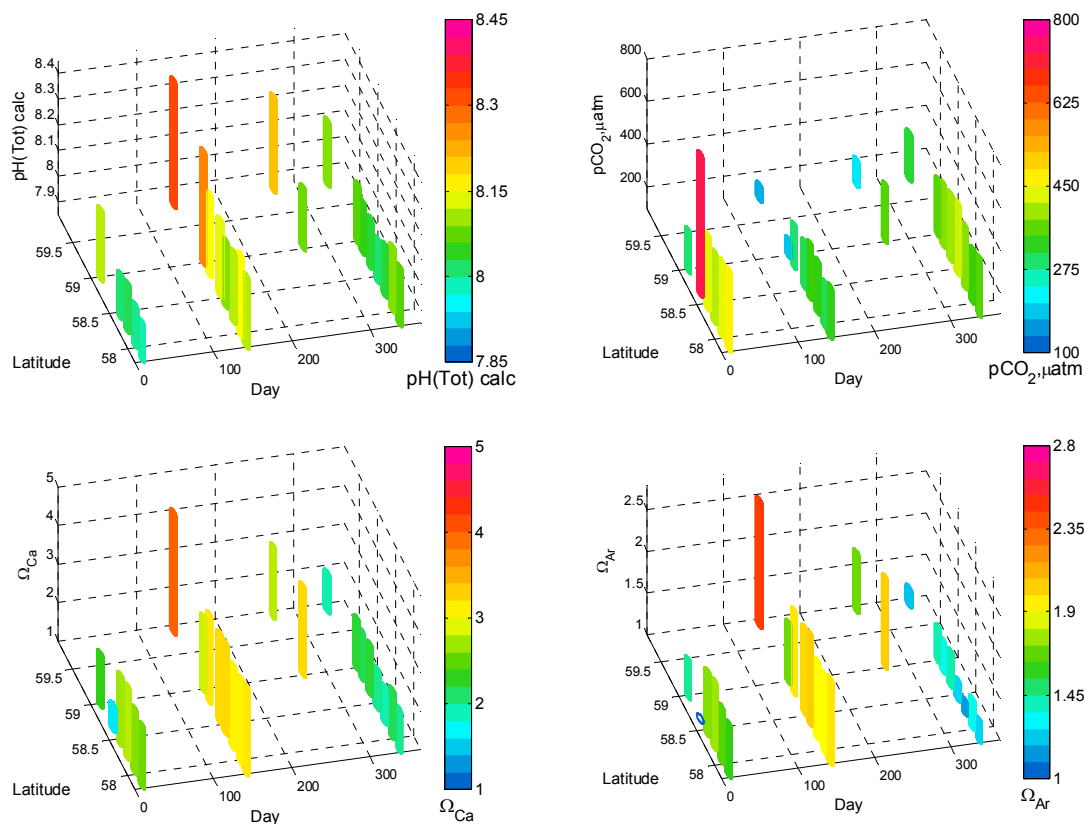
For områdene indre og ytre Oslofjord, samt Skagerrak ble det tatt målinger av temperatur, salinitet, alkalitet A_T , C_T , pH-S(Tot) og pH-P(NBS) og resultatene er vist i **Figur 22** og **Figur 23**. pCO_2 (μatm), Ω_{Ca} og Ω_{Ar} ble beregnet fra A_T og C_T . Av tekniske årsaker ble det i september dessverre ikke tatt et fullstendig tokt, men A_T og C_T ble målt på 2 stasjoner. pH verdiene herfra er derfor beregnet fra A_T og C_T (kun i tabell i vedlegg).



Figur 22. Transektet Oslo-Kiel: målt temperatur, salinitet, A_T , C_T , pH-P(NBS) og pH-S(Tot) i 2012 (dybde nivå 3-4 m).

Man ser en tydelig sesongvariasjon i pH, som både er temperaturavhengig og knyttet til variasjon i biologisk aktivitet. Sesongvariasjonen ses kraftigst i indre Oslofjord, der pH varierer fra 7,92 i januar til 8,20 i mai (pH-S). I mai og september er det høyere primærproduksjon og det gjør at pH øker. Aragonittmetningen i Oslofjorden og Skagerrak var karakterisert av lave verdier (1,0-1,7) om

vinteren sammenlignet med sommeren, der verdiene ligger høyere (1,7 – 2,5). $p\text{CO}_2$ ser ut til å være kontrollert av den normalt høyepriærproduksjonen i mai, slik at vi da ser lave verdier (164–348 μatm). Vinterverdiene ligger nærmere og av og til over 400 μatm .



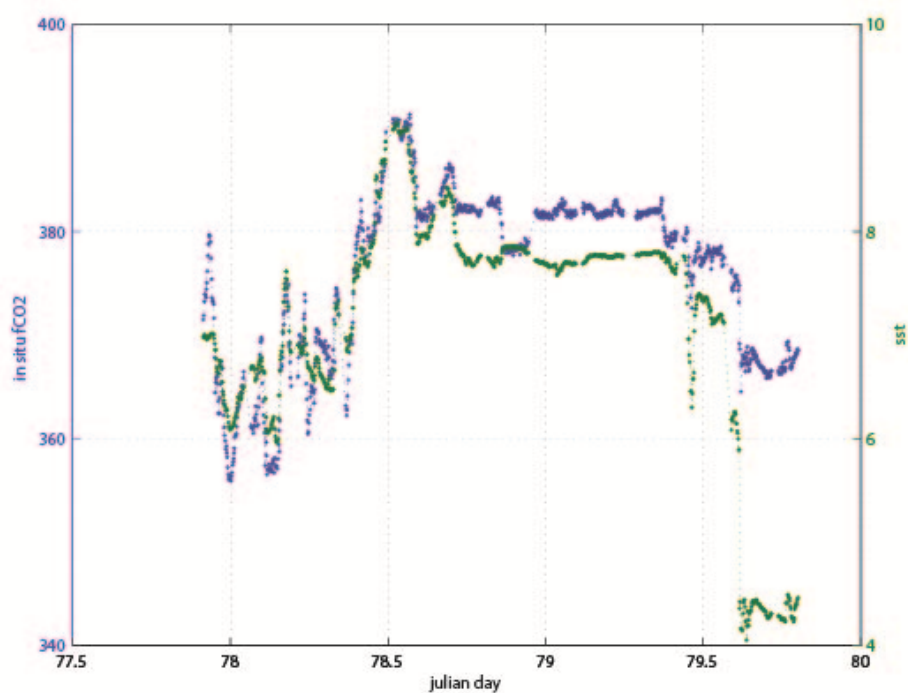
Figur 23. Transektet Oslo-Kiel: beregnet pH-S (Tot), $p\text{CO}_2$, Ω_{Ca} og Ω_{Ar} i 2012 (dybde nivå 3-4 m).

3.6 Underveis pCO₂-data i Norskehavet

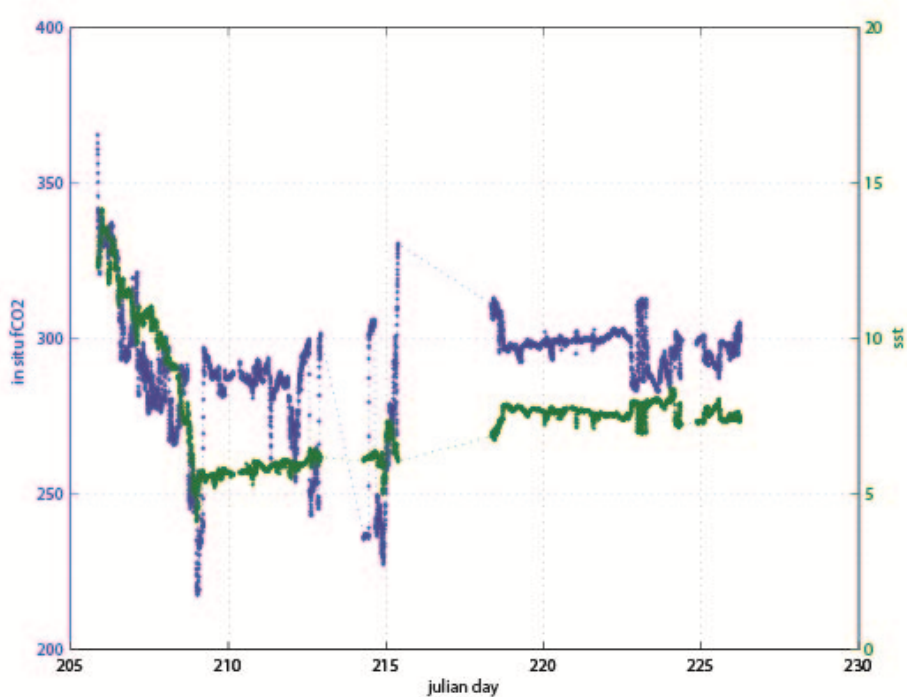
I 2012 ble det målt pCO₂ på R/V G.O.Sars hovedsakelig i februar-mars og i juli-august. **Figur 24a** og **b** viser data langs Svinøysnittet fra vinter og sommermånedene. Vinterverdiene av pCO₂ (**Figur 24a**) ligger mellom 360 og 380 µatm, og dataene avspeiler ruten langs snittet fra den relativt ferske kyststrømmen med pCO₂-verdier rundt 370 µatm til den noe varmere Nord-Atlantiske strømmen med pCO₂ rundt 380 µatm, og videre til kaldt polart vann i vest med p CO₂-verdier rundt 370 µatm. Den relativt store romlige variabiliteten i disse dataene er knyttet til at de ulike vannmassene i Norskehavet ikke bare er forskjellige i temperatur og saltholdighet, men også er kjemisk ulike. Det er for eksempel generelt sett høyere pCO₂ i det varme vannet som kommer fra Nord-Atlanteren enn i de mer kystnære vannmassene. Nord-Atlantisk varmt vann stammer fra tropene hvor vann med naturlig høyt CO₂ innhold (fra nedbrytning av organisk materiale) kommer opp fra dyphavet. Vannet transporteres nordover med Golfstrømsystemet og blir på vegen avkjølt og tar opp store mengder menneskeskapt karbon. Kyststrømmen derimot inneholder mye ferskvann som generelt har lavere CO₂ innhold.

Sommerdata er vist i **Figur 24b** og vi ser at p CO₂-verdiene overalt er lavere enn vinterverdiene. Dette er knyttet til biologisk aktivitet om sommeren. Det er relativt liten variabilitet i målingene siden dataene er fra sensommeren og våroppblomstringen i Norskehavet er avsluttet. Sommerdataene viser også at det er stor undermetning av CO₂ i Norskehavet (relatert til en atmosfærisk sommer- CO₂verdi på ca. 380 µatm), og området har potensiale til å ta opp atmosfærisk CO₂. Andre studier (Lauvset *et al.*, 2011; Jeansson *et al.* 2011) viser derimot at opptaket fra atmosfæren er lite i dette området, og at den store mengden av antropogent CO₂ i de nordiske havområdene hovedsakelig er fraktet inn fra sør med havstrømmene.

a)



b)



Figur 24. $p\text{CO}_2$ (tilsvarer in situ $f\text{CO}_2$; blå punkt) og overflatetemperatur (sst; grønne punkt) langs Svinøysnittet fra a) mars 2012 og b) juli-august 2012. $p\text{CO}_2$ er gitt i μatm og sst i $^\circ\text{C}$. Se Figur 1 for toktrute.

4. Konklusjon og anbefalinger

Et viktig overvåkingsprogram er nå igangsatt. Vi har nå analysert og produsert nye data som vil inngå til beskrivelse av en basissituasjon, som fremtidige endringer kan skaleres opp mot.

Spesielt viktig er informasjon om endring i Arktis som er mer utsatt for havforsuring og dette programmet har startet overvåking i dette havområdet. Vi anbefaler oppfølging av målinger på polarvannet.

Total alkalinitet (A_T) og totalt uorganisk karbon (C_T) er de parameterne som dekkes av internasjonalt sertifisert standardmateriale. Det innebærer en stor fordel for å oppnå den presisjon som er nødvendig for å følge trender over flere år med flere variable. Det anbefales imidlertid at man i tillegg måler en tredje av parameterne i CO_2 -system som en ekstra kontroll på konsistens, og det mest opplagte valget for vannsøylemålinger er pH. Kvalitetssikrede målinger av tre parametere som beskriver karbonatsystemet, gir et sterkt datasett for beregning av alle komponenter i dette systemet, noe som er viktig for å fange opp endring i viktige prosesser som kalsifisering, som kun kan belyses ved måling av A_T .

De nye dataene som nå produseres vil bli et viktig bidrag til forståelsen av havforsuring i norske farvann, og danne grunnlaget for å opprette et referansenivå som framtidige endringer i karbonsystemet kan relateres mot. Disse endringene kan være både fysisk eller biologisk relatert.

På grunn av de sterke økningene i globale utslipp av CO_2 på mer enn 3 prosent hvert år (ca +1.6 $\mu\text{atm}/\text{år}$) vil fremtidige forandringer lettere kunne relateres til havforsuring. På grunn av store sesongvariasjoner og at presisjonen for målinger av pCO_2 er $\pm 1 \mu\text{atm}$ er det behov for målinger over lang tid for å kvantifisere opptaket av CO_2 i havet og beskrive endringer i CO_2 -innholdet. En multivariabel tilnærming er til stor hjelp for å forstå dynamikken i endringene. I tilførselsprogrammet har det vært viktig å opprette et langsiktig måleprogram på faste stasjoner. Aktiviteten vil bli knyttet opp mot den internasjonale aktiviteten på området som foregår i organisasjoner som IOCCP, SOLAS, IMBER og GCP. Tilførselsprogrammet er koordinert med disse internasjonale prosessene og bidrar sterkt til at norske forskere kan bidra her. Dataene vil inngå i globale synteser av flukser av CO_2 (Takahashi *et al.* 2009), forståelse av variabilitet, (Watson *et al.* 2009) og synteser av havforsuring. Vi anbefaler videre at data som samles inn, legges i internasjonale databaser som SOCAT og GLODAP. For å forstå dynamikken i havforsuringen og hvilke konsekvenser det vil få, er det nødvendig å bruke matematisk modellering for å analysere de data man har opparbeidet de seneste årene. Dette gjelder særlig for de Arktiske områdene, der klimaendringene skjer raskt (økt temperatur, mindre isdekke og flerårsis). Modellering vil da kunne gi varslings av mulige framtidige endringer i havforsuring som en konsekvens av klimaendringer. Det anbefales økt forskning på sammenhengen mellom havforsuring og biologisk produktivitet, havis og tilførsel av løst organisk karbon fra elver i Arktis, siden disse parameterne vil påvirkes av klimaforandringer. Det vil gi viktig nøkkelinformasjon for å kunne estimere i hvilken grad disse spiller inn på karbonsyklusen, og bidra til bedre modeller.

5. Referanser

- AMAP, Arctic Monitoring and Assessment programme, 2013, Arctic Ocean Acidification Assessment: Summary for Policymakers.
- Anderson, L.G., Olsen, A., 2002. Air-sea flux of anthropogenic carbon dioxide in the North Atlantic. *Geophysical Research Letters* 29 (17).
- Bozec, Y., H. Thomas, K. Elkalay, & H. De Baar, The continental shelf pump in the North Sea - evidence from summer observations. *Mar. Chem.* 93, 131-147, 2005.
- Chierici, M., K. Sørensen., T. Johannessen., K.Y. Børsheim., A.Olsen., E. Yakushev., A. Omar., S. Lauvset., T.A. Blakseth. 2012. Tillførselsprogrammet 2011, Overvåking av havsforsuring av norske farvann, Rapport, Klif, TA2936 2012.
- Dickson, A. G. & F. J. Millero, A comparison of the equilibrium constants for the dissociation of carbonic acid in seawater media. *Deep-Sea Res.* 34, 1733-1743, 1987.
- Dickson, A. G., Sabine, C. L., Christian, J. R. Guide to Best Practices for Ocean CO₂ Measurements. *PICES Special Publication 3. IOCCP Report No. 8.* 2007
- GCP. 2010. Ten Years of Advancing Knowledge on the Global Carbon Cycle and its Management (Authors: Lavinia Poruschi, Shobhakar Dhakal and Josep Canadell). Tsukuba: Global Carbon Project.
- Hoppema, J. M. J., The distribution and seasonal variation of alkalinity in the Southern Bight of the North Sea and in the western Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 26, 11-23, 1990.
- Hoppema, J. M. J., The seasonal behaviour of carbon dioxide and oxygen in the coastal North Atlantic along the Netherlands. *Neth. J. Sea Res.* 28, 167-179, 1991.
- Jeansson, E., A. Olsen, T. Eldevik, **I. Skjelvan**, A. M. Omar, S. Lauvset, J.E.Ø. Nilsen, R.G.J. Bellerby, T. Johannessen, and E. Falck, **2011**, The Nordic Seas carbon budget: Sources, sinks and uncertainties, *Global Biogeochemical Cycles*, 25 (4), GB4010. Körtzinger, A., H. Thomas, B. Schneider, N. Gronau, L. Mintrop & J. C. Duinker, At-sea comparison of two newly designed p CO₂ instruments - encouraging results. *Mar. Chem.* 52, 133-145, 1996.
- Lauvset, S. K.; W. R. McGillis; L. Bariteau; C. W. Fairall; T. Johannessen; A. Olsen and C. J. Zappa (2011): Direct measurements of CO₂ flux in the Greenland Sea, *Geophysical Research Letters*, 38, L12603, [doi:10.1029/2011GL047722](https://doi.org/10.1029/2011GL047722).
- Lewis, E. & D. W. R. Wallace, Program developed for CO₂ calculations. Rep. ORNL/CDIAC-105, Carbon Dioxide Information Analysis Centre, Oak Ridge, Tennessee, 1998.
- Merbach, C., C. H. Culberson, E. J. Hawley, & R. M. Pytkowicz, Measurements of the apparent dissociation constants of carbonic acid in seawater at atmospheric pressure. *Limnol. Oceanogr.* 18, 897-907, 1973.
- Mortensen, P. B., M. T. Hovland, J. H. Fosså, & D. M. Furevik, Distribution, abundance and size of *Lopheliapertusa* coral reefs in mid-Norway in relation to seabed characteristics. *J. Mar. Biol. Asso. U.K.* 81, 581-597, 2001.
- Mucci, A. (1983), The solubility of calcite and aragonite in seawater at various salinities, temperatures and at one atmosphere pressure, *Am. J. Sci.*, 283, 780-799, doi:10.2475/ajs.283.7.780.
- NOAA, ESRL, Earth System Research Laboratory, 2013, Trends in Atmospheric Carbon Dioxide [Online]. Tilgjengelig: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends>, [lest mai 2013].
- Norli M., Yakushev E., Sørensen K. Studying the surface Arctic ocean acidification state using ships of opportunity. Arctic Ocean Acidification. Bergen, Norway, 6-8 May, 2013. Abstract Volume. 28-29.
- Olsen, A., A. M. Omar, R. G. J. Bellerby, T. Johannessen, U. Ninnemann, K. R. Brown, K. A. Olsson, J. Olafsson, G. Nondal, C. Kivimäe, S. Kringstad, C. Neill, and S. Olafsdottir. Magnitude and Origin of the Anthropogenic CO₂ increase and ¹³C Suess effect in the Nordic Seas Since 1981, *Global Biogeochemical Cycles*, 20, GB3027, doi: 10.1029/2005GB002669, 2006
- Olsen, A., K. R. Brown, M. Chierici, T. Johannessen, & C. Neill, Sea surface CO₂ fugacity in the subpolar North Atlantic, *Biogeosciences* 5, 535-547, 2008.
- Olsen, A., R. M. Key, E. Jeansson, E. Falck, J. Olafsson, S. van Heuven, I. Skjelvan, A. M. Omar, K. A. Olsson, L. G. Anderson, S. Jutterström, F. Rey, T. Johannessen, R. G. J. Bellerby, J. Blindheim, J. L. Bullister, B. Pfeil, X. Lin, A. Kozyr, C. Schirnick, T. Tanhua and D. W. R. Wallace. Overview of the Nordic Seas CARINA data and salinity measurements, *Earth System Science Data*, 1, 25-34, 2009
- Omar, A. M., A. Olsen, T. Johannessen, M. Hoppema, H. Thomas & A. V. Borges, Spatiotemporal variations of CO₂ in the North Sea. *Ocean Sci.* 6, 77-89, 2010.

- Orr, J. C., V. J. Fabry, O. Aumont et al., Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature* 437, 681-686, 2005.
- Pierrot, D., C. Neill, K. Sullivan, R. Castle, R. Wanninkhof, H. Lüger, T. Johannessen, A. Olsen, R. A. Feely, and C. E. Cosca, Recommendations for autonomous underway pCO₂ measuring systems and data reduction routines. *Deep-Sea Res. II* 56, 512-522, 2009.
- Steinacher, M., F. Joos, T. L. Frölicher, G.-K. Plattner & S. C. Doney, Imminent ocean acidification in the Arctic projected with the NCAR global coupled carbon cycle-climate model. *Biogeosciences* 6, 515-533, 2009.
- Takahashi, T, S. C. Sutherland, R. Wanninkhof et al., Climatological mean and decadal change in the surface ocean p CO₂ and net sea-air CO₂ flux over the global oceans. *Deep-Sea Res. II* 56, 554-577, 2009.
- Talmange, S. C., & C. J. Gobler, The effects of elevated carbon dioxide concentrations on the metamorphosis, size, and survival of larval hard clams (*Mercenaria mercenaria*), bay scallops (*Argopecten irradians*) and Eastern oysters (*Crassostrea virginica*). *Limnol. Oceanogr.* 54, 2072-2080, 2009.
- Thomas, H., A. E. F. Prowe, S. Van Heuven et al., Rapid decline of the CO₂ buffering capacity in the North Sea and implications for the North Atlantic Ocean, *Global Biogeochem. Cyc.* 21, GB 4001, doi:10.1029/2006GB002825, 2007.
- Thomas, H., Y. Bozec, K. Elkalay, & H. De Baar, Enhanced open ocean storage of CO₂ from shelf sea pumping. *Science* 304, 1005-1008, 2004.
- Turley, C. M., J. M. Roberts & J. M. Guinotte, Corals in deep-water: will the unseen hand of ocean acidification destroy cold-water ecosystems? *Coral Reefs* 26, 445-448, 2007.
- Watson, A.J., Schuster, U., Bakker, D.C.E., Bates, N.R., Corbiere, A., Gonzalez-Davila, M., Friedrich, T., Hauck, J., Heinze, C., Johannessen, T., Körtzinger, A., Metzl, N., Olafsson, J., Olsen, A., Oschlies, A., Padin, X.A., Pfeil, B., Santana-Casiano, J.M., Steinhoff, T., Telszewski, M., Rios, A.F., Wallace, D.W.R., Wanninkhof, R., 2009. Tracking the Variable North Atlantic Sink for Atmospheric CO₂. *Science* 326 (5958), 1391-1393.
- Yakushev E., Sørensen K. 2013. On seasonal changes of the carbonate system in the Barents Sea: observations and modeling. *Marine Biology Research*. <http://dx.doi.org/10.1080/17451000.2013.775454> (in press)
- Zeebe RE, Wolf-Gladrow D. CO₂ in seawater: equilibrium, kinetics, isotopes. Amsterdam-London-New York – Oxford – Paris- Shannon – Tokyo: Elsevier Oceanography Series, 65. 346 pp, 2001.

Vedlegg A. **Datatabeller**

Tabell 1. Rådata og beregnende in situ verdier Torungen – Hirtshals 14 januar 2012

Stn#	Bredde- grad N	Lengde- grad E	Dyp (m)	Salt. (o/oo)	Temp.(°C)	A _T (µmol/kg)	C _T (µmol/kg)	pH in situ	kalsitt	aragonitt
23	58,4	8,77	125	34,153	7,538	2307,5	2126,5	8,084	3,09	1,96
25	58,33	8,9	10	31,89	5,365	2265,7	2106,2	8,105	2,88	1,81
25	58,33	8,9	50	34,507	7,444	2320,4	2139,2	8,083	3,14	1,99
25	58,33	8,9	100	34,564	7,331	2324,6	2142,4	8,084	3,12	1,98
25	58,33	8,9	200	34,597	7,403	2324,2	2147,6	8,066	2,98	1,89
27	58,2	9,08	10	33,235	6,256	2275,1	2105,3	8,098	3	1,89
27	58,2	9,08	50	34,991	9,052	2295,8	2127,1	8,025	2,95	1,87
27	58,2	9,08	100	35,145	8,891	2328,9	2155,6	8,031	3	1,91
27	58,2	9,08	200	35,184	7,598	2329	2168,7	8,017	2,75	1,74
27	58,2	9,08	400	35,154	6,033	2331	2180,3	8,01	2,49	1,59
28	58,13	9,18	10	34,991	6,029		2090,4	8,222	3,97	2,51
28	58,13	9,18	50	34,999	8,747	2334,5	2145,9	8,072	3,25	2,07
28	58,13	9,18	100	34,999	7,805	2324,1	2138,4	8,079	3,16	2
28	58,13	9,18	200	35,15	7,849	2335,5	2170,5	8,024	2,82	1,79
28	58,13	9,18	600	35,159	6,03	2336	2181,5	8,011	2,44	1,55
29	58	9,37	10	32,722	6,05	2264,8	2127,4	8,027	2,55	1,6
29	58	9,37	50	34,999	8,999	2328,8	2152,8	8,039	3,07	1,95
29	58	9,37	100	35,085	8,48	2325,4	2153,9	8,035	2,97	1,89
29	58	9,37	200	35,204	8,356	2330,2	2159,7	8,029	2,89	1,84
29	58	9,37	400	35,162	6,52	2334,4	2182,6	8,005	2,52	1,6

Tabell 2. Rådata og beregnede in situ verdier Svinøy-NW mars 2012

Stn#	Bredde-grad N	Lengde-grad E	Dyp (m)	Salt. (o/oo)	Temp.(°C)	A _T (µmol/kg)	C _T (µmol/kg)	pH in situ	kalsitt	aragonitt
84	62,49	4,95	74	34,2	6,5	2285,2	2135,6	8,029	2,66	1,68
84	62,49	4,95	48	34,15	6,4	2281,5	2131,9	8,032	2,67	1,69
84	62,49	4,95	19	34,08	6,34	2285,1	2131,8	8,044	2,75	1,73
84	62,49	4,95	9	34,08	6,34	2286,2	2132	8,047	2,76	1,75
84	62,49	4,95	3	34,08	6,34	2291,6	2132,8	8,058	2,83	1,79
73	64,13	1,26	2399	34,9	-0,82	2310,5	2179,2	7,995	1,37	0,89
73	64,13	1,26	1999	34,91	-0,8	2300	2172,6	8,001	1,46	0,94
73	64,13	1,26	1500	34,9	-0,74	2301,7	2165,6	8,044	1,73	1,1
73	64,13	1,26	999	34,9	-0,57	2297,6	2180	8,011	1,74	1,11
73	64,13	1,26	799	34,9	-0,42	2301,3	2158,3	8,086	2,11	1,34
73	64,13	1,26	500	34,89	0,12	2307,3	2171,5	8,069	2,19	1,38
73	64,13	1,26	200	34,95	3,27	2305,9	2165	8,042	2,44	1,54
73	64,13	1,26	98	35,05	5,45	2319,6	2155	8,068	2,84	1,8
73	64,13	1,26	50	35,1	5,95	2312,2	2152,8	8,049	2,8	1,77
73	64,13	1,26	30	35,11	6,02	2302,9	2164,6	7,996	2,52	1,59
73	64,13	1,26	9	35,11	6,09	2311,6	2138,7	8,081	3,01	1,9
75	63,66	2,34	1401	34,9	-0,78		2160,7			
75	63,66	2,34	1000	34,9	-0,62	2297,8	2162	8,062	1,94	1,23
75	63,66	2,34	800	34,9	-0,39	2294,7	2157,8	8,07	2,04	1,29
75	63,66	2,34	499	34,98	3,26	2302,6	2166,3	8,019	2,22	1,41
75	63,66	2,34	199	35,24	7,54	2324,2	2151,5	8,047	2,91	1,85
75	63,66	2,34	100	35,26	7,77	2325,1	2148,8	8,055	3,02	1,92
75	63,66	2,34	51	35,27	7,81	2322,1	2146,3	8,055	3,04	1,93
75	63,66	2,34	30	35,27	7,81	2320,1	2139,9	8,067	3,12	1,98
75	63,66	2,34	12	35,27	7,81	2318,8	2141,8	8,06	3,08	1,95
76	63,43	2,87	1174	34,9	-0,79	2299,3	2161,9	8,062	1,87	1,19
76	63,43	2,87	1000	34,91	-0,69	2305,4	2169,1	8,064	1,94	1,24
76	63,43	2,87	799	34,9	-0,52	2302,8	2166,8	8,069	2,03	1,29
76	63,43	2,87	299	35,14	6,51		2154,8	8,058	2,82	1,79
76	63,43	2,87	148	35,24	7,47	2328,4	2149,7	8,064	3,02	1,92
76	63,43	2,87	50	35,26	7,69	2327,4	2148,8	8,063	3,09	1,96
76	63,43	2,87	28	35,26	7,69	2319,6	2146,4	8,053	3,02	1,91
76	63,43	2,87	10	35,26	7,69	2329	2145,1	8,077	3,19	2,02
79	63,07	3,66	952	34,9	-0,79	2303,5	2160,5	8,085	2,03	1,29
79	63,07	3,66	800	34,9	-0,76	2291,8	2166,7	8,044	1,9	1,21
79	63,07	3,66	500	35,02	4,56	2304,6	2149,1	8,046	2,47	1,57
79	63,07	3,66	399	35,15	6,63	2308,6	2145,7	8,033	2,64	1,68
79	63,07	3,66	198	35,27	7,98	2313,4	2147,5	8,025	2,81	1,79
79	63,07	3,66	99	35,27	8,15	2315,1	2146,7	8,032	2,91	1,85
79	63,07	3,66	50	35,23	8,11	2318,1	2143,8	8,048	3,02	1,92
79	63,07	3,66	29	35,23	8,11	2314,4	2143,3	8,042	2,99	1,9
79	63,07	3,66	9	35,23	8,11		2145,2			
81	62,84	4,18	499	35,2	7,2	2319,8	2149,3	8,037	2,7	1,72
81	62,84	4,18	399	35,21	7,26	2322,5	2147,1	8,051	2,82	1,8
81	62,84	4,18	299	35,28	8,05	2327,5	2142,9	8,062	3,01	1,92
81	62,84	4,18	199	35,31	8,42	2328,5	2141,4	8,065	3,11	1,98
81	62,84	4,18	149	35,29	8,45		2146,8			
81	62,84	4,18	99	35,29	8,5	2322	2150,1	8,033	2,96	1,88
81	62,84	4,18	49	35,3	8,54	2321,8	2150,1	8,034	2,99	1,9
81	62,84	4,18	29	35,3	8,52	2325,2	2145,6	8,053	3,12	1,98
81	62,84	4,18	8	35,3	8,53	2328,4	2151,5	8,047	3,1	1,97
81	62,84	4,18	4	35,3	8,53	2327,2	2143,2	8,064	3,2	2,03

Tabell 3. Rådata og beregnende in situ verdier Vardø-N september 2012

Stn#	Bredde- grad N	Lengde- grad E	Dyp (m)	Salt. (o/oo)	Temp.(°C)	A _T (µmol/kg)	C _T (µmol/kg)	pH in situ	kalsitt	aragonitt
536	81	34	211	34,71	0,7	2293,8	2165,5	8,054	2,25	1,42
536	81	34	200	34,71	0,71	2283,6	2162,3	8,036	2,16	1,36
536	81	34	149	34,71	0,7	2289,1	2156,8	8,068	2,33	1,47
536	81	34	124	34,67	0,56	2284,1	2160,8	8,048	2,22	1,4
536	81	34	99	34,6	0,44	2281,8	2144,5	8,09	2,42	1,52
536	81	34	74	34,51	0,36	2281,8	2191,3	7,958	1,84	1,16
536	81	34	49	34,38	0,47	2276,8	2123,8	8,135	2,66	1,67
536	81	34	29	33,87	1,56	2241,7	2072,4	8,169	2,9	1,82
536	81	34	20	33,46	1,43	2213	2042,7	8,183	2,91	1,83
536	81	34	10	33,45	1,41	2217,2	2047,5	8,182	2,91	1,83
536	81	34	5	33,45	1,4	2212,4	2047,4	8,171	2,85	1,79
540	79,5	34	288	34,92	1,56	2302,2	2205,9	7,942	1,83	1,16
540	79,5	34	226	34,95	2,52	2303,7	2169,4	8,036	2,33	1,47
540	79,5	34	200	34,95	2,76	2301,6	2169,2	8,028	2,32	1,47
540	79,5	34	150	34,87	2,37	2293,5	2163,3	8,033	2,31	1,46
540	79,5	34	124	34,86	2,31	2295,7	2161,2	8,046	2,38	1,5
540	79,5	34	99	34,65	0,87	2282,1	2160,8	8,038	2,21	1,39
540	79,5	34	73	34,45	-0,47	2271,4	2151,3	8,061	2,2	1,38
540	79,5	34	49	34,32	0,24	2272,7	2118	8,145	2,68	1,68
540	79,5	34	29	34,1	1,11	2251,3	2087,4	8,16	2,82	1,77
540	79,5	34	20	33,96	1,55	2248	2085,7	8,15	2,81	1,76
540	79,5	34	9	33,95	1,62	2244,1	2087,4	8,136	2,74	1,72
540	79,5	34	4	33,95	1,67	2247,9	2085,4	8,15	2,82	1,77
545	78	34	185	34,95	1,99	2297	2206,1	7,923	1,81	1,14
545	78	34	150	34,93	1,92	2298,4	2197,9	7,955	1,94	1,22
545	78	34	125	34,85	1,54	2293,5	2182,9	7,993	2,07	1,31
545	78	34	99	34,69	0,56	2285,6	2177,1	8,006	2,05	1,29
545	78	34	75	34,57	-0,27	2280,2	2165,8	8,04	2,13	1,34
545	78	34	50	34,41	-0,95	2308,5	2134,3	8,208	2,96	1,86
545	78	34	30	34,09	2,76	2265,8	2101,7	8,131	2,85	1,79
545	78	34	20	34,1	2,81	2261,4	2099,3	8,126	2,82	1,77
545	78	34	11	34,1	2,84	2256				
545	78	34	5	34,1	2,86	2261,3	2097,6	8,13	2,85	1,79
550	75,5	31,22	351	35,04	2,02	2313,2	2200,9	7,977	2	1,26
550	75,5	31,22	298	35,03	2,71	2306	2178,7	8,01	2,21	1,4
550	75,5	31,22	248	35,02	3,02	2315,1	2166,5	8,062	2,51	1,59
550	75,5	31,22	199	35,03	3,47	2311,5	2158,8	8,068	2,6	1,64
550	75,5	31,22	148	35,04	3,88	2311,4	2160,6	8,058	2,6	1,65
550	75,5	31,22	98	35,06	4,41	2318,3	2164,1	8,059	2,69	1,7
550	75,5	31,22	73	35,05	4,66	2317,4	2156,8	8,072	2,79	1,76
550	75,5	31,22	49	35	6,13	2303,6	2111,5	8,125	3,25	2,06
550	75,5	31,22	31	34,98	6,04	2305,3	2114,1	8,125	3,26	2,06
550	75,5	31,22	20	34,98	6,02	2314,9	2113,9	8,146	3,41	2,16
550	75,5	31,22	10	34,98	6,02	2312,4	2113,3	8,143	3,39	2,14
550	75,5	31,22	5	34,98	6,01	2309,5	2114,4	8,135	3,33	2,11
553	74,25	31,22	277	35,06	3,16	2311,1	2171,8	8,035	2,38	1,5
553	74,25	31,22	250	35,07	3,98	2311,7	2161,4	8,051	2,54	1,61
553	74,25	31,22	199	35,09	4,52	2311,2	2156,1	8,056	2,64	1,67
553	74,25	31,22	124	35,11	5,08	2312,9	2153,3	8,061	2,75	1,74
553	74,25	31,22	100	35,12	5,35	2312,4	2158,7	8,042	2,68	1,7
553	74,25	31,22	74	35,13	5,56	2311,7	2150,1	8,06	2,81	1,78
553	74,25	31,22	50	35,09	6,2	2308,4	2143,3	8,06	2,88	1,82
553	74,25	31,22	29	35,05	6,83	2298	2153,1	8,002	2,61	1,65
553	74,25	31,22	19	35,05	6,83	2293,9	2105,7	8,107	3,22	2,04
553	74,25	31,22	9	35,04	6,83	2291	2106,8	8,098	3,17	2
553	74,25	31,22	4	35,03	6,83	2293,1	2109,2	8,098	3,17	2,01

Tabell 4. Rådata og beregnende in situ verdier Fugløy-Bjørnøya 1. mars 2012

Bredde-grad N	Lengde-grad E	Dyp (m)	Salt. (o/oo)	Temp.(°C)	A _T (µmol/kg)	C _T (µmol/kg)	pH in situ	kalsitt	aragonitt
70,67	19,97	10	33,97	5,678	2301,1	2135,4	8,085	2,93	1,85
70,67	19,97	20	34,02	5,756	2297,3	2130,7	8,086	2,94	1,85
70,67	19,97	30	34,16	5,745	2299,6	2135	8,079	2,9	1,83
70,67	19,97	50	34,27	5,752	2295,2	2132,6	8,072	2,85	1,8
71	19,9	10	33,28	5,566	2299,6	2133,8	8,096	2,95	1,86
71	19,9	20	33,28	5,562	2294,8	2132,8	8,087	2,89	1,82
71	19,9	30	33,65	5,559	2304,5	2134,5	8,1	2,99	1,89
71	19,9	50	33,77	5,557	2294,1	2129,7	8,086	2,89	1,82
71,5	19,8	10	34,76	6,188	2311,8	2143,2	8,073	2,96	1,87
71,5	19,8	20	35,32	6,32	2316,8	2143,4	8,075	3,01	1,9
71,5	19,8	30	35,26	6,356	2315,8	2142,5	8,074	3	1,9
71,5	19,8	50	35,21	6,499	2316,6	2150,5	8,055	2,89	1,83
72,75	19,52	10	34,63	6,339	2322,9	2154,2	8,071	2,98	1,88
72,75	19,52	20	35,12	6,344	2320,5	2149,1	8,072	2,99	1,89
72,75	19,52	30	35,5	6,342	2317,7	2148	8,063	2,95	1,87
72,75	19,52	50	35,12	6,344	2316,9	2156,8	8,044	2,81	1,78
74	19,22	10	27,36	-1,99	2266,8	2149,5	8,174	2,32	1,42
74	19,22	20	27,35	-1,951	2275,4	2167,1	8,145	2,19	1,35
74	19,22	30	27,46	-1,84	2269,3	2157,5	8,152	2,23	1,37
74	19,22	50	27,89	-1,309	2280,3	2158,8	8,164	2,36	1,45
74	19,22	100	30,57	1,685	2302,5	2164,9	8,119	2,54	1,58
74	19,22	110	31,06	2,138	2299,4	2168,6	8,086	2,43	1,52
74,17	19,18	10	28,04	-1,095	2281,5	2163,6	8,149	2,33	1,43
74,17	19,18	20	28,06	-1,097	2281,9	2163	8,152	2,34	1,44
74,17	19,18	30	28,16	-1,012	2280,1	2161,8	8,147	2,32	1,43
74,17	19,18	50	28,19	-0,934	2281,2	2159,5	8,155	2,36	1,46
74,17	19,18	65	28,2	-0,926	2281	2162,7	8,144	2,3	1,42

Tabell 5. Rådata og beregnende in situ verdier Fugløy-Bjørnøya 6-7 august 2012.

Stn#	Bredde-grad N	Lengde-grad E	Dyp (m)	Salt. (o/oo)	Temp.(°C)	A _T (µmol/kg)	C _T (µmol/kg)	pH in situ	kalsitt	aragonitt
379	70,67	1	149	35,09	7,18	2307,3	2153,1	8,014	2,68	1,7
379	70,67	20	124	35,04	7,31	2303,9	2152	8,008	2,66	1,69
379	70,67	20	99	35	7,3	2302,4	2148	8,016	2,71	1,72
379	70,67	20	74	34,94	7,39	2299,5	2146,3	8,013	2,71	1,72
379	70,67	20	49	34,72	8,46	2294,3	2115,2	8,063	3,1	1,96
379	70,67	20	29	34,51	9,29	2283,3	2085,3	8,097	3,39	2,15
379	70,67	20	19	34,39	9,62	2264,7	2077,3	8,072	3,24	2,06
379	70,67	20	10	34,39	9,65	2284,9	2086,3	8,094	3,42	2,17
379	70,67	20	5	34,39	9,66	2277,5	2069,7	8,115	3,55	2,26
384	71,5	19,8	234	35,14	6,57	2306	2158,1	8,004	2,54	1,61
384	71,5	19,8	199	35,14	6,57	2310,3	2156,3	8,02	2,64	1,68
384	71,5	19,8	149	35,12	6,77	2310,1	2159,2	8,011	2,63	1,67
384	71,5	19,8	124	35,11	6,86	2313,2	2178,9	7,968	2,43	1,54
384	71,5	19,8	99	35,07	6,85	2309,4	2177,4	7,964	2,41	1,53
384	71,5	19,8	74	35,05	6,95	2306,8	2150,8	8,025	2,74	1,74
384	71,5	19,8	49	34,99	7,01	2302,9	2083,7	8,17	3,66	2,32
384	71,5	19,8	29	34,92	7,95	2311,8	2122,6	8,09	3,25	2,06
384	71,5	19,8	19	34,85	8,58	2311,3	2102,7	8,124	3,55	2,25
384	71,5	19,8	10	34,64	9,34	2309,7	2102,5	8,112	3,55	2,25
384	71,5	19,8	3	34,64	9,34	2302,9	2077,6	8,151	3,82	2,42
389	72,75	19,5	391	35,09	3,49	2311,1	2177,1	8,011	2,25	1,43
389	72,75	19,5	299	35,13	4,87	2304	2168,7	7,996	2,32	1,47
389	72,75	19,5	250	35,16	5,47	2312,5	2153,8	8,047	2,66	1,69
389	72,75	19,5	200	35,16	5,89	2318,5	2154,2	8,055	2,78	1,76
389	72,75	19,5	150	35,16	6,17	2323,1	2152,6	8,067	2,9	1,83
389	72,75	19,5	100	35,15	6,43	2316,1	2146,5	8,063	2,91	1,84
389	72,75	19,5	75	35,15	6,68	2318,7	2173	8,001	2,61	1,65
389	72,75	19,5	50	35,09	7,1	2316,2	2152,3	8,041	2,87	1,82
389	72,75	19,5	30	34,98	8,38	2321,4	2159,4	8,018	2,88	1,83
389	72,75	19,5	20	34,95	8,62	2315,4	2150,3	8,023	2,93	1,86
389	72,75	19,5	10	34,94	8,79	2311,4	2121,8	8,078	3,28	2,08
389	72,75	19,5	5	34,94	8,82	2346	2152,3	8,083	3,37	2,14
395	74	19,2	125	35,02	4,23	2310,9	2162,1	8,049	2,6	1,64
395	74	19,2	100	35,02	4,25	2311,4	2161	8,053	2,63	1,66
395	74	19,2	75	35,01	4,27	2311,3	2159,6	8,057	2,66	1,68
395	74	19,2	51	34,99	4,42	2310	2152,5	8,071	2,76	1,74
395	74	19,2	30	34,86	5,27	2302,6	2095,9	8,174	3,47	2,19
395	74	19,2	20	34,77	5,67	2300,9	2094,7	8,168	3,48	2,2
395	74	19,2	10	34,64	5,25	2288,9	2090,6	8,161	3,37	2,13
395	74	19,2	7	34,64	5,27	2289,1	2081,3	8,181	3,51	2,21
396	74,17	19,2	67	34,57	3,64	2281,8	2115,9	8,111	2,85	1,8
396	74,17	19,2	51	34,57	3,64	2285	2106,1	8,143	3,04	1,92
396	74,17	19,2	30	34,57	3,64	2280,8	2107,7	8,131	2,97	1,87
396	74,17	19,2	20	34,57	3,64	2281,6	2123,2	8,095	2,78	1,75
396	74,17	19,2	10	34,57	3,64	2239,4	2109,3	8,026	2,37	1,49

Tabell 6. Rådata og beregnende in situ verdier Barentshavåpningen 2012, alle ved overflate på dyp 3-4 m. Outlier fra 15/7-12 for C_T , Ω_{Ca} og Ω_{Ar} fra en lav C_T måling (1891,7 $\mu\text{mol/kg}$) trolig på grunn av analysefeil. Det gir også feil i beregningen av kalsitt og aragonitt så de er utelatt

Dato	Bredde-grad N	Lengde-grad E	Salt. (o/oo)	Temp. (°C)	A_T ($\mu\text{mol/kg}$)	C_T ($\mu\text{mol/kg}$)	pH-S in situ	pH-P in situ	kalsitt	aragonitt
5.2	78,056	-	34,58	2,55	2411,7	2278,3	8,051	7,955	2,45	1,54
6.2	77,556	-	34,34	1,10	2332,3	2196,6	8,048	8,113	2,43	1,53
6.2	76,810	-	34,35	1,79	2320,5	2205,8	8,050	8,117	2,16	1,36
7.2	75,930	-	35,06	0,24	2374,3	2229,1	8,044	8,115	2,59	1,64
7.2	75,375	-	34,95	4,76	2374,7	2232,6	8,035	8,096	2,55	1,61
7.2	74,793	-	34,94	5,20	2374,9	2221,7	8,031	8,074	2,69	1,70
7.2	73,863	-	34,46	2,80	2334,7	2216,7	8,023	8,086	2,21	1,39
7.2	73,319	-	35,04	7,28	2382,2	2218,4	8,030	8,099	2,85	1,81
8.2	72,039	-	34,96	6,67	2390,8	2214,2	8,033	8,101	3,03	1,92
8.2	71,523	-	34,99	7,14	2374,7	2214,2	8,028	8,082	2,80	1,78
8.2	70,879	-	33,87	5,04	2330,7	2185,8	8,057	8,116	2,58	1,63
13.7	70,215	19,465	34,03	10,38	2334,4	2111,7	8,176	8,250	3,71	2,36
14.7	71,519	18,497	34,58	9,13	2364,4	2150	8,135	8,216	3,58	2,27
14.7	72,165	18,052	34,85	8,11	2391,4	2185	8,125	8,213	3,46	2,20
14.7	72,732	17,651	34,94	8,23	2378,6	2179,2	8,107	8,204	3,35	2,13
14.7	73,341	17,094	35,09	7,49	2402,4	2187,5	8,113	8,205	3,58	2,27
14.7	73,926	16,610	35,06	7,37	2378,6	2198,3	8,114	8,198	3,08	1,95
15.7	74,944	15,634	35,04	7,11	2385,3	1891,7*	8,131	8,203		
15.7	75,536	15,060	35,03	6,71	2392,1	2190	8,158	8,228	3,39	2,14
15.7	76,125	15,466	35,09	6,40	2397,5	2195	8,152	8,214	3,39	2,14
15.7	76,827	13,918	34,21	4,00	2330,1	2156,7	8,146	8,218	2,95	1,86
15.7	77,55	13,043	33,86	4,50	2304,9	2124,2	8,169	8,236	3,05	1,92
21.9	70,254	19,451	34,06	9,01	2317,3	2133,3	8,069	8,120	3,13	1,99
22.9	71,413	18,946	34,66	8,69	2347,2	2158,3	8,064	8,176	3,20	2,03
22.9	72,133	18,621	34,75	8,47	2378,3	2175	8,122	8,224	3,42	2,17
22.9	72,867	18,210	34,91	8,23	2370,8	2183,3	8,129	8,210	3,18	2,02
22.9	73,419	17,959	35,04	7,36	2365,1	2200	8,115	8,223	2,86	1,81
22.9	73,960	17,747	34,95	6,80	2371,6	2200	8,097	8,168	2,95	1,87
23.9	74,643	16,953	34,87	5,76	2360,4	2208,3	8,087	8,190	2,68	1,69
23.9	75,454	15,759	34,96	6,41	2377,1	2208,3	8,103	8,202	2,91	1,84
23.9	76,146	14,741	34,65	5,17	2346,6	2200	8,109	8,205	2,60	1,64
23.9	76,798	13,764	34,33	4,18	2336,6	2175	8,116	8,217	2,79	1,76
23.9	77,819	12,830	33,33	3,34	2288,6	2141,7	8,096	8,182	2,59	1,63
27.11	78,058	13,180	34,70	2,34	2328,1	2221,7	8,080	8,141	2,05	1,29
27.11	77,366	13,693	34,59	0,97	2344,4	2215,8	8,074	8,133	2,34	1,47
28.11	76,633	14,536	35,18	4,80	2353,3	2270	8,085	8,172	1,80	1,14
28.11	76,036	15,176	34,17	5,74	2368,9	2253,3	8,073	8,179	2,22	1,40
28.11	75,413	15,854	35,20	6,18	2375,4	2255	8,068	8,133	2,27	1,44
28.11	74,825	16,411	35,19	6,35	2373	2272,5	8,068	8,179	2,02	1,28
28.11	74,159	17,067	35,19	5,87	2385,2	2281,7	8,073	8,147	2,06	1,31
29.11	73,576	17,556	35,14	6,35	2370,3	2258,3	8,059	8,148	2,16	1,37
29.11	72,073	18,491	35,16	6,48	2381,7	2266,7	8,050	8,162	2,21	1,40
29.11	71,150	18,860	35,14	6,45	2380,2	2262,5	8,048	8,134	2,24	1,42
29.11	70,262	20,342	33,83	6,90	2333,7	2191,7	8,080	8,208	2,56	1,62

Tabell 7. Rådata næringsalter for Barentshavåpningen 2012, alle ved overflate på dyp 3-4 m.

Dato	Lat	Lon	PO4 µM	NH4 µM	NO2 +NO3 µM	SiO2 µM
5.2	78,056	-	0,74	-	8,86	4,34
6.2	77,556	-	0,74	-	9,07	4,34
6.2	76,810	-	0,81	-	11,00	4,36
7.2	75,930	-	0,81	-	10,50	4,54
7.2	75,375	-	1,16	-	10,86	10,49
7.2	74,793	-	0,74	-	9,43	4,01
7.2	73,863	-	0,81	-	11,00	4,43
7.2	73,319	-	0,77	-	10,14	3,76
8.2	72,039	-	0,77	-	10,00	3,94
8.2	71,523	-	0,77	-	8,86	4,26
8.2	70,879	-	-	-	-	-
13.7	70,215	19,465	0,16	-	<	0,15
14.7	71,519	18,497	0,19	-	<	0,47
14.7	72,165	18,052	0,36	-	2,43	1,12
14.7	72,732	17,651	0,32	-	2,14	1,12
14.7	73,341	17,094	0,45	-	3,43	1,20
14.7	73,926	16,610	0,48	-	4,14	1,91
15.7	74,944	15,634	0,42	-	3,36	0,50
15.7	75,536	15,060	0,36	-	2,57	0,53
15.7	76,125	15,466	0,45	-	3,50	0,73
15.7	76,827	13,918	0,26	-	0,50	0,40
15.7	77,55	13,043	0,23	-	<	0,48
21.9	70,254	19,451	0,32	1,57	2,43	1,33
22.9	71,413	18,946	0,32	1,14	1,29	<
22.9	72,133	18,621	0,36	2,43	2,43	<
22.9	72,867	18,210	0,29	1,29	2,21	<
22.9	73,419	17,959	0,39	1,86	3,50	1,56
22.9	73,960	17,747	0,61	1,36	4,14	2,75
23.9	74,643	16,953	0,42	1,50	3,50	2,26
23.9	75,454	15,759	0,45	1,43	4,50	2,45
23.9	76,146	14,741	0,39	1,57	3,36	2,08
23.9	76,798	13,764	0,39	1,71	2,57	1,73
23.9	77,819	12,830	0,32	1,86	1,57	2,15
27.11	78,058	13,180	0,84	1,43	7,86	4,18
27.11	77,366	13,693	0,65	1,14	7,50	4,08
28.11	76,633	14,536	0,77	1,21	9,79	4,14
28.11	76,036	15,176	1,07	1,50	9,64	3,99
28.11	75,413	15,854	1,97	1,57	9,79	4,21
28.11	74,825	16,411	1,00	1,29	9,79	4,04
28.11	74,159	17,067	1,00	1,36	9,43	3,98
29.11	73,576	17,556	0,84	1,50	9,43	3,88
29.11	72,073	18,491	0,81	1,57	9,43	3,88
29.11	71,150	18,860	0,81	1,57	9,21	3,73
29.11	70,262	20,342	0,48	1,64	4,50	2,10

Tabell 8. Rådata og beregnende in situ verdier Oslofjord Skagerrak. I alt 3 fulle tokt og i tillegg to stasjoner i juli 2012. Alle ved dyp 3-4 m.

Dato	Bredde- grad N	Lengde- grad E	Salt. (o/oo)	Temp. (°C)	A _T (µmol/ kg)	C _T (µmol/k g)	pH-S in situ	pH-P in situ	kalsitt	aragonitt
11.01	59,83	10,59	24,27	1,83	-	-	7,920	7,994	-	-
11.01	58,99	10,64	29,15	4,76	1898,7	1768,4	8,050	8,125	2,31	1,44
11.01	58,85	10,63	31,67	5,68	-	1818,8	8,031	8,103	-	-
11.01	58,65	10,64	34,11	7,21	2222,0	2155,8	8,049	8,137	1,62	1,02
11.01	58,45	10,63	34,55	7,76	2298,5	2146,3	8,052	8,146	2,76	1,75
11.01	58,25	10,76	34,60	7,45	2302,0	2144,5	8,065	8,147	2,83	1,79
11.01	58,05	10,91	34,03	7,16	2282,1	2140,5	8,064	8,159	2,61	1,65
11.01	57,85	11,06	34,26	6,73	2315,4	2178,9	8,065	8,151	2,55	1,61
22.05	59,82	10,59	22,82	12,87	1833,6	1611,8	8,208	8,334	4,07	2,50
22.05	59,01	10,57	16,81	14,15	1521,1	1375,0	8,020	8,177	2,90	1,72
22.05	58,84	10,58	23,05	12,47	2033,9	1868,6	8,096	8,222	3,24	1,99
22.05	58,55	10,62	23,18	13,65	2041,9	1875,4	8,069	8,190	3,28	2,02
22.05	58,40	10,72	27,44	12,70	2162,2	1987,4	8,084	8,185	3,29	2,06
22.05	58,19	10,87	23,18	13,06	2084,5	1929,2	8,055	8,170	3,11	1,91
22.05	57,98	11,05	22,18	11,75	2063,6	1905,7	8,076	8,198	3,17	1,93
22.05	57,84	11,17	24,96	12,72	2101,2	1935,5	8,086	8,203	3,21	1,99
27.09	59,84	10,61	20,45	12,67	1648,7	1502,2	8,210*	8,341*	2,79	1,69
27.09	59,03	10,70	28,89	13,70	2119,8	1941,5	8,080*	8,202*	3,26	2,06
04.12	59,82	10,58	24,56	3,30	1908,6	1811,3	7,942	7,832	1,96	1,19
04.12	59,00	10,69	27,53	4,61	2091,5	1976,1	8,084	8,201	2,26	1,40
04.12	58,85	10,73	27,67	5,24	2095,0	1985,0	8,087	8,215	2,19	1,36
04.12	58,65	10,79	28,46	4,92	2176,9	2064,4	8,100	8,234	2,25	1,40
04.12	58,45	10,86	27,01	4,19	2122,6	2029,8	8,099	8,237	1,97	1,22
04.12	58,25	10,95	23,07	4,27	2021,9	1937,1	8,118	8,267	1,88	1,14
04.12	58,04	11,04	23,52	4,76	2059,4	1954,5	8,118	8,272	2,19	1,33
04.12	57,85	11,15	23,03	4,82	2032,0	1937,2	8,114	8,272	2,04	1,24

*Calculated from alk and ct

Tabell 9. Rådata for næringsalter for Oslofjord Skagerrak. I alt 3 fulle tokt og i tillegg to stasjoner i juli 2012. Alle ved dyp 3-4 m.

Dato	Lat	Lon	PO4 µM	NH4 µM	NO2 +NO3 µM	SiO2 µM
11.01	59,83	10,59	-	-	-	-
11.01	58,99	10,64	0,58	-	10,07	13,25
11.01	58,85	10,63	0,13	-	0,43	10,30
11.01	58,65	10,64	0,65	-	5,79	6,86
11.01	58,45	10,63	0,61	-	3,64	5,16
11.01	58,25	10,76	0,58	-	4,50	4,63
11.01	58,05	10,91	0,58	-	5,79	4,38
11.01	57,85	11,06	0,65	-	5,71	11,40
22.05	59,82	10,59	0,19	0,93	1,07	3,50
22.05	59,01	10,57	0,10	0,86	8,00	17,81
22.05	58,84	10,58	0,06	0,57	-	1,91
22.05	58,55	10,62	0,10	0,64	-	1,85
22.05	58,40	10,72	0,10	0,43	-	1,21
22.05	58,19	10,87	0,13	0,57	-	2,31
22.05	57,98	11,05	0,13	0,50	-	2,11
22.05	57,84	11,17	0,13	0,57	-	1,30
27.09	59,84	10,61	-	-	-	-
27.09	59,03	10,70	-	-	-	-
04.12	59,82	10,58	0,45	2,36	14,29	18,97
04.12	59,00	10,69	0,45	2,43	4,50	7,57
04.12	58,85	10,73	0,45	2,36	4,21	7,06
04.12	58,65	10,79	0,45	2,14	2,93	4,41
04.12	58,45	10,86	0,45	2,29	2,64	4,36
04.12	58,25	10,95	0,36	1,36	1,50	3,45
04.12	58,04	11,04	0,36	1,43	1,14	2,53
04.12	57,85	11,15	0,36	0,26	1,21	2,75

Klima- og forurensningsdirektoratet

Postboks 8100 Dep,
0032 Oslo
Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00
Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@klif.no
www.klif.no

Om Statlig program for forurensningsovervåking

Statlig program for forurensningsovervåking omfatter overvåking av forurensningsforholdene i luft og nedbør, skog, vassdrag, fjorder og havområder. Overvåkingsprogrammet dekker langsiktige undersøkelser av:

- overgjødning
- forsuring (sur nedbør)
- ozon (ved bakken og i stratosfæren)
- klimagasser
- miljøgifter

Overvåkingsprogrammet skal gi informasjon om tilstanden og utviklingen av forurensningssituasjonen, og påvise eventuell uheldig utvikling på et tidlig tidspunkt. Programmet skal dekke myndighetenes informasjonsbehov om forurensningsforholdene, registrere virkningen av iverksatte tiltak for å redusere forurensningen, og danne grunnlag for vurdering av nye tiltak. Klima- og forurensningsdirektoratet er ansvarlig for gjennomføringen av overvåkingsprogrammet.

SPFO-rapport 1147/2013
TA 3043/2013