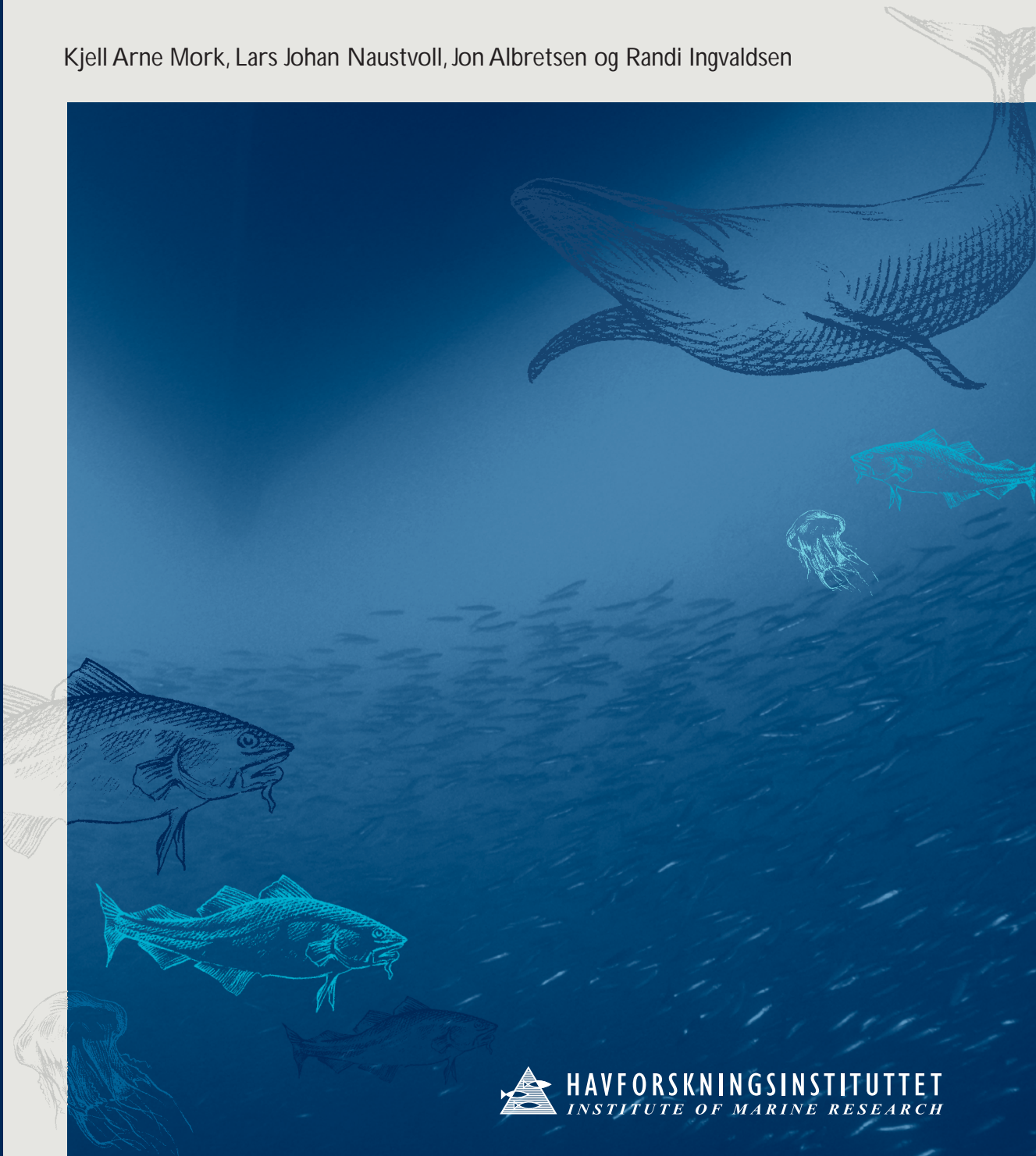


Utredning av program for overvåking av klimaendringseffekter i norske kyst- og havområder

Kjell Arne Mork, Lars Johan Naustvoll, Jon Albretsen og Randi Ingvaldsen



Utredning av program for overvåking av klimaendringseffekter i norske kyst- og havområder


Av



Kjell Arne Mork, Lars Johan Naustvoll, Jon Albretsen og Randi Ingvaldsen



Foto: Cecilie Broms

Bergen, november 2012

<h1>PROSJEKTRAPPORT</h1>		Distribusjon: Åpen												
 HAVFORSKNINGSINSTITUTTET <small>INSTITUTE OF MARINE RESEARCH</small>		HI-prosjektnummer 13888												
Nordnesgaten 50, Postboks 1870 Nordnes, 5817 BERGEN Tlf. 55 23 85 00, Fax 55 23 85 31, www.imr.no		Oppdragsgiver(e): Direktoratet for naturforvaltning												
<table border="0"> <tr> <td>Tromsø</td> <td>Flødevigen</td> <td>Austevoll</td> <td>Matre</td> </tr> <tr> <td>9294 TROMSØ</td> <td>4817 HIS</td> <td>5392 STOREBØ</td> <td>5984 MATREDAL</td> </tr> <tr> <td>Tlf. 55 23 85 00</td> <td>Tlf. 37 05 90 00</td> <td>Tlf. 55 23 85 00</td> <td>Tlf. 55 23 85 00</td> </tr> </table>		Tromsø	Flødevigen	Austevoll	Matre	9294 TROMSØ	4817 HIS	5392 STOREBØ	5984 MATREDAL	Tlf. 55 23 85 00	Tlf. 37 05 90 00	Tlf. 55 23 85 00	Tlf. 55 23 85 00	Oppdragsgivers referanse: 11040052
Tromsø	Flødevigen	Austevoll	Matre											
9294 TROMSØ	4817 HIS	5392 STOREBØ	5984 MATREDAL											
Tlf. 55 23 85 00	Tlf. 37 05 90 00	Tlf. 55 23 85 00	Tlf. 55 23 85 00											
		Dato: 9. oktober 2012												
Rapport: Fisken og havet	Nr 5-2012	Program: Forskningsprogram Klima-fisk												
Tittel (norsk/engelsk): Utredning av program for overvåking av klimaendringseffekter i norske kyst- og havområder <i>Proposed programme for monitoring of climate change effects on Norwegian marine ecosystems</i>		Forskningsgruppe: Oseanografi												
Forfattere: Kjell Arne Mork, Lars Johan Naustvoll, Jon Albretsen og Randi Ingvaldsen		Antall sider totalt: 72												
Sammendrag (norsk): Denne rapporten oppsummerer eksisterende miljøovervåking og gir spesifikke forslag til hvordan denne kan utvides for best mulig å observere effektene av klimaendringene. Eksisterende miljøovervåking har ofte startet tilfeldig, på prosjektnivå, og ofte tenkt som en kortsiktig aktivitet. Den eksisterende overvåkingen har derfor flere begrensninger for å dokumentere og skille effekter av klimaendringer fra naturlig variabilitet. Denne rapporten representerer et forsøk på å skissere et landsomfattende program for miljøovervåkingen der klimaendringseffekter i norske havområder er tatt hensyn til. Fremtidige program bør bygge på eksisterende overvåking da dette sikrer lange tidsserier, og programforslaget er derfor en utvidelse av det eksisterende programmet. Program og kostnadene er inndelt i områdene kyst, hav og Arktis. Forvaltningsplanene til Barentshavet, Norskehavet og Nordsjøen samt Vanndirektivet er her sentrale i oppbyggingen av programmet og tatt hensyn til. Beregninger av kostnadene til overvåkingsprogrammet må betraktes som et grovt estimat. Samlet kostnader per år ved en utvidelse av det eksisterende overvåkingsprogrammet er beregnet til: <ul style="list-style-type: none"> Kyst: 4 mill NOK (til 1nm utenfor grunnlinja) Hav: 3,5 mill NOK (inkl Skagerrak og Nordsjøen) Arktis: 4 mill NOK (inkl Norskehavet og Barentshavet) Av summene utgjør kostnadene til fartøyleie 1,1 mill NOK for både hav og Arktis.														

<p>Summary (English):</p> <p>Existing monitoring programmes have, in several cases, often started from projects with focus on process studies and also as a short-term activity. Thus, the present monitoring programmes are often limited in terms of distinguishing between the effects of natural climate variability from the human influenced change. The present report makes an attempt to draft a national programme for the monitoring of the environment where the effects of the climate change have been accounted for. The suggested monitoring programme is built over national monitoring programmes (e.g., EUs Framework Directive for Water and integrated management plans for Norwegian waters) and other ongoing monitoring programmes that include long-term data series. The proposed programme is divided into three geographical areas; Coastal, Ocean and Arctic with annual budgets for the extended monitoring of 4, 3.5 and 4 mill NOK, respectively.</p>	
<p>Emneord (norsk):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Overvåking 2. Hav 3. Klimaendring 	<p>Subject heading (English):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoring 2. Ocean 3. Climate change
 Prosjektleder	 Programleder

Forord

Denne rapporten er utarbeidet for Direktoratet for Naturforvaltning (DN) ved kontrakt nr. 11040052. Rapporten er primært en utredning omkring miljøovervåking i norske havområder med fokus på overvåking av klimaendringer i marine system. Prosjektet kom i stand etter at DN kontaktet Havforskningsinstituttet for å gjennomføre en utredning av miljøovervåkingen i norske havområder. DN har vært oppdragsgiver for prosjektet, og kontaktperson har vært Anne Britt Storeng. Havforskningsinstituttet har gjennomført prosjektet der kontaktperson har vært Kjell Arne Mork. Andre forskere fra Havforskningsinstituttet som har bidratt til denne rapporten har vært Lars Johan Naustvoll, Jon Albretsen og Randi Ingvaldsen.

Denne rapporten gir en oversikt over eksisterende miljøovervåking i norske havområder og konkrete forslag til et program som best mulig kan beskrive klimaendringseffekter. Forslag til program er basert på eksisterende overvåking med en utvidelse som i best mulig grad tar hensyn til fremtidige klimaendringer og effekter av denne.

Alle relevante tidsserier fra de største aktørene innen miljøovervåking er forsøkt inkludert. Imidlertid tas det forbehold om at enkelte relevante tidsserier kan være utelatt, for eksempel data samlet inn ved universiteter eller organisasjoner. Der hvor informasjon om andre lands overvåkningsprogram har vært lett tilgjengelig er dette inkludert.

Bergen, september 2012

Kjell Arne Mork
Prosjektleder

Innhold

Forord.....	7
Sammendrag.....	9
Summary.....	10
1 Innledning	11
1.1 Gruppens mandat/oppgave	11
1.2 Bakgrunn.....	11
1.3 Definisjoner	12
1.4 Geografisk avgrensning	12
1.5 Forvaltningsplanene.....	13
1.6 Vannforskriften.....	14
2 Historiske og framskrevne klimaendringer	16
2.1 Historiske klimaendringer i Nord Atlanteren	16
2.2 Historiske regionale klimaendringer.....	17
2.3 Framskrevne klimaendringer til 2100.....	20
3 Eksisterende overvåking av havmiljøet	24
3.1 Overvåkingsstrategier	24
3.2 Overvåking - kyst.....	27
3.2.1 Miljøovervåking.....	27
3.2.2 Miljøovervåking – biologiske parametere.....	28
3.3 Overvåking - Hav.....	30
3.3.1 Miljøovervåking.....	30
3.3.2 Miljøovervåking - biologiske parameter.....	30
3.4 Overvåking - Arktis	31
3.4.1 Miljøovervåking.....	31
3.4.2 Miljøovervåking - biologiske parameter	33
3.5 Tilgang til data	34
3.5.1 Internasjonale databaser.....	34
3.5.2 Havforskningsinstituttet.....	34
3.5.3 NIVA	35
3.5.4 Met.no.....	35
4 Tidsserier og trender	41
4.1 Kyst.....	42
4.2 Hav.....	44
4.3 Arktis	46
5 Overvåkningsparametre og metodikk	50
5.1 Metodikk.....	50
5.2 Eksempler på klimasensitive parametre	52
5.3 Fokusområder for overvåking av klimaendringseffekter.....	54
5.4 Frekvens.....	55
5.5 Nye kontra gamle observasjonsmetoder.....	56
6 Forslag til fremtidig overvåkingsprogram av klima.....	58
6.1 Forslag til program - Kyst.....	59
6.2 Forslag til program - Hav.....	61
6.3 Forslag til program - Arktis	61
7 Kostnadsoverslag	64
8 Referanser	65
9 Vedlegg.....	68

Sammendrag

Denne rapporten oppsummerer eksisterende miljøovervåking og gir spesifikke forslag til hvordan denne kan utvides for best mulig å observere effektene av klimaendringene. Eksisterende miljøovervåking har, for mange aktiviteter, ofte startet tilfeldig der fokuset har vært på prosjektnivå og styrt av prosessstudier, og ofte tenkt som en kortsiktig aktivitet. Den eksisterende overvåkingen har derfor flere begrensninger for å dokumentere og skille effekter av klimaendringer fra naturlig variabilitet. Denne rapporten representerer et forsøk på å skissere et landsomfattende program for miljøovervåkingen der klimaendringseffekter i norske havområder er tatt hensyn til.

Målet med utredningen har vært å:

- gi et godt grunnlag for å komme i gang med et overvåkningsprogram i kyst og havområder (Barentshavet, Norskehavet, Nordsjøen/Skagerrak) med fokus på klima
- identifisere viktige eksisterende overvåkingsserier som kan si noe om klimautvikling og mulige effekter på biologisk mangfold i kyst og havområder
- vurdere i hvilken grad eksisterende dataserier kan styrkes med nye klimarelaterte parametere for å ivareta klimaaspektet
- komme med forslag til fysisk-kjemiske og biologiske overvåkningsparametre og anbefalinger om overvåkingmetodikk og frekvens for de ulike parametrene
- vurdere hvordan overvåking i forbindelse med vannforskriften kan benyttes til å se på klimautvikling i kystnære områder.

Fremtidige program bør bygge på eksisterende overvåking da dette sikrer lange tidsserier, og inkludering av flere parametere i samme område vil være kostnadseffektivt. Forslaget til program er derfor en utvidelse av det eksisterende programmet og inneholder detaljerte kostnadsberegninger av utvidelsen. Forslaget til utvidelse har vært et kompromiss mellom det som er faglig ønskelig og det som er økonomisk gjennomførbart. Program og kostnadene er inndelt i områdene kyst, hav og Arktis, og samlet kostnader per år ved en utvidelse for de tre områdene er beregnet til (avrundet):

- Kyst: 4 mill NOK (til 1nm utenfor grunnlinja)
- Hav: 3,5 mill NOK (inkl Skagerrak og Nordsjøen)
- Arktis: 4 mill NOK (inkl Norskehavet og Barentshavet)

Av summene utgjør kostnadene til fartøyleie 1,1 mill NOK for både Hav og Arktis.

Rapporten gir en kort oversikt over historiske klimaendringer og sannsynlige fremtidige klimasceneriene for de ulike havområdene. I rapporten er det også gitt en detaljert oversikt over de eksisterende overvåkingaktivitetene, inndelt i forskjellige havområder, som forslaget til nytt program bygger på. Forvaltningsplanene til Barentshavet, Norskehavet og Nordsjøen samt Vanddirektivet er her sentrale i oppbyggingen av programmet og tatt hensyn til. Rapporten gir også en oversikt over forskjellig overvåkingmetodikk og -prinsipper og viktige fokusområder ved design av overvåkingprogrammet.

Beregninger av kostnadene til nytt overvåkingsprogram må betraktes som et grovt estimat og grad av overlapp og samkjøring med eksisterende eller nye overvåkingsaktiviteter vil påvirke summene. Det er forutsatt at nåværende aktivitet innen de ulike sektorene videreføres og dette er derfor ikke kostnadsberegnet. Det er også antatt at overvåkingen under Vanddirektivet blir fullfinansiert og er dermed ikke tatt med i kostnadsestimatet.

Summary

Title: Proposed programme for monitoring of climate change effects on Norwegian marine ecosystems

Existing monitoring programmes have, in several cases, often started from projects with focus on process studies and also as a short-term activity. Thus, the present monitoring programmes are often limited in terms of distinguishing between the effects of natural climate variability from the human influenced change. The present report makes an attempt to draft a national programme for the monitoring of the environment where the effects of the climate change have been accounted for. The suggested monitoring programme is built over national monitoring programmes (e.g., EUs Framework Directive for Water and integrated management plans for Norwegian waters) and other ongoing monitoring programmes that include long-term data series. The proposed programme is divided into three geographical areas; Coastal, Ocean and Arctic with annual budgets for the extended monitoring of 4, 3.5 and 4 mill NOK, respectively.

1 Innledning

1.1 Gruppens mandat/oppgave

I forbindelse med Direktoratet for naturforvaltning (DN) sitt arbeid med klima og marin forvaltning har arbeidsgruppens oppgave vært å lage en utredning som tar for seg tema som:

- kan gi et godt grunnlag for å sette fokus på overvåkningsprogram i kyst og havområder (Barentshavet, Norskehavet, Nordsjøen/Skagerrak) med fokus på klima
- identifiserer viktige eksisterende overvåkingsserier som kan si noe om klimautvikling og mulige effekter på biologisk mangfold i kyst og havområder
- vurderer i hvilken grad eksisterende dataserier kan styrkes med nye klimarelaterte parametere for å ivareta klimaaspektet
- kommer med forslag til fysisk-kjemiske og biologiske overvåkningsparametre og anbefalinger om overvåkingsmetodikk og frekvens for de ulike parametrene
- vurderer hvordan overvåking i forbindelse med vannforskriften kan benyttes til å se på klimautvikling i kystnære områder.

Rapporten setter fokus på klima og mangler i klimaovervåkingen, og økt forståelse av observerte endringer som kan relateres til klimaendringer i våre marine miljøer.

1.2 Bakgrunn

Denne rapporten oppsummerer dagens havmiljøovervåking og gir en vurdering av hvordan dagens overvåking kan forbedres for at man bedre skal kunne forstå de endringer som finner sted i vårt marine miljø og som kan relateres til klimaendringer. Både ACIA (2005) og IPCC (2007) viser at fremtidige klimaendringer vil ha regionale forskjeller. Temperaturøkningen vil bli størst på høyere breddegrader, og det vil medføre redusert isdekke. Det er derimot fortsatt store usikkerheter om hvordan havet vil bli berørt.

Overvåking av havmiljøet er helt essensiell for å kunne tilstandsvurdere havmiljøet, beskrive klimaendringer, og vurdere de fysiske forhold relevant for biologisk produksjon. I dag er miljøovervåkingen rettet mot problemstillinger knyttet til klima, eutrofiering, vanntransport og produksjon på lavere trofiske nivåer (planteplankton og dyreplankton). Med de store havområdene Norge har forvaltningsansvar for, vil et hensiktsmessig og langsiktig overvåkningsprogram bidra til å skaffe den nødvendige bakgrunnsinformasjonen for en optimal forvaltning av de marine ressursene i disse havområdene. Overvåkingsdata er viktige i forskningsformål for å bedre økosystemforståelse og utvikle en mer økosystembasert rådgivning. Lange, kvalitetssikrede dataserier er av avgjørende betydning innen overvåking av oseanografi, klima, miljø og biologiske ressurser for å kunne lage tilstandsvurderinger og dokumentere endringer.

Beskrivelse av miljøovervåkingen og forslag til overvåkningsprogram er i rapporten delt inn i tre områder: hav, kyst og Arktis. Det er tidligere laget en tilsvarende DN-utredning for ferskvann (Kaste m.fl., 2011).

1.3 Definisjoner

Det har vært nødvendig å definere begrepene havmiljø og overvåking samt å avgrense antall relevante biologiske parametrene for å begrense omfanget av rapporten. Med havmiljø (og miljø) vil rapporten fokusere på det fysiske klimaet i havet som temperatur, saltholdighet, strøm/volumtransport, karbon (pH) og sjøis. Andre parametre (eks. næringssalter og klorofyll) vil også nevnes i sammenhenger der det er relevant. Av biologiske parametre har det vært størst fokus på de primære og sekundære trofiske nivåene. Temperatur er den parameteren som er lettest å måle og som sterkest og mest direkte påvirker de biologiske prosessene. Volumtransport er derimot kanskje den som er vanskeligst og dyrest å måle, men siden endringene i volumtransport ikke alltid følger temperaturendringer må begge parametre måles der varmetransport er av interesse.

Med overvåking vil vi i rapporten bruke de samme kriterier som i rapporten ”Lange tidsserier for miljøovervåking og forskning – Viktige marine dataserier” (Norges forskningsråd, 2004) der overvåking menes innsamling av data hvor målingene fyller følgende kriterier:

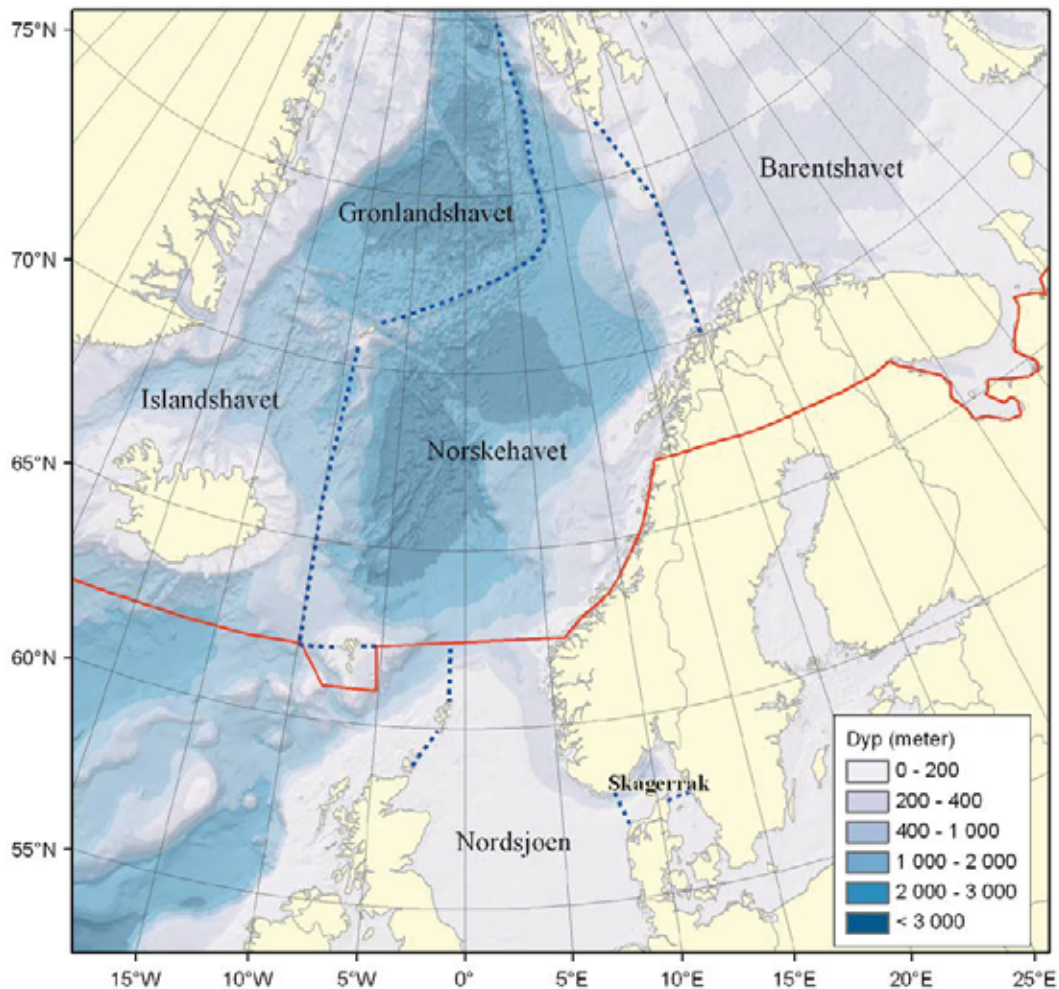
- langsiktige: det vil si at dataserien ikke er tidsbegrenset
- systematiske: tid/romskala er tilpasset formålet
- relevante: i forhold til hensikten med formålet
- kosteffektive: mest mulig nytteverdi for de ressursene som brukes
- rutinemessig: regelmessige tilstandsprodukter om nå-tilstanden i havet

Begrepet **klima** er her ment som en tilstand i luft, hav og is som varierer lite i tid og rom. Med andre ord vil en **klimaendring** være en endring av tilstanden over relativ stor tids- og romskala.

1.4 Geografisk avgrensning

Områdene som omfattes av rapporten er inndelt i tre områder: ”Kyst”, ”Hav” og ”Arktis”. Kyst er definert som området med kystvann innenfor 1 nm fra grunnlinjen ved fastlands-Norge som også vil dekke yttergrensen til EUs Vanndirektiv. Tilsvarende yttergrense ble også brukt for overvåkningsprogrammet i kystsonen (Oug og Olsgaard 2005). I tidligere utredninger har det blitt brukt forskjellige definisjoner av Arktis. Blant annet er polarsirkelen brukt som sørlige grense for Arktis, mens i DN-rapporten, 2008-2 (Oug og Naustvoll, 2008), ble alle havområder behandlet samlet under et område. I denne rapporten valgte vi å benytte AMAP definisjonen for Arktis og de norske havområdene innenfor denne grensen (Figur 1). Det tilsvarer samme definisjonen som brukt i rapport ”Effekter på økosystemer og biologisk mangfold – Klimaendringer i norsk Arktis” (NPI, 2010 – 133) av Loeng m.fl (2010). Med denne inndelingen vil Arktis inkludere Norskehavet og Barentshavet. Her er Norskehavet avgrenset i sør langs den sørlige grensen for Arktis utfra AMAP definisjonen. I vest trekkes grensen nordover mellom Island og Færøyene til Jan Mayen, deretter nordøstover langs Mohns og Knipovichryggen til Framstredet som er inngangen til Polhavet. Havområdet rundt Svalbard er også inkludert i rapporten. Avgrensningen til Barentshavet går langs kontinentalskråningen fra Bjørnøya til fastlands-Norge. Havområdet vest av Norge, mellom

Grønland og Norge, kalles ofte De nordiske hav, og inkluderer Norskehavet, Islandshavet og Grønlandshavet. Området "Hav" vil dermed bare bestå av Skagerrak og Nordsjøen (Figur 1).



Figur 1. Bunntopografi for De nordiske hav, Nordsjøen, Skagerrak og Barentshavet. Arktis er definert som nord for den røde linjen i samsvar med AMAP. Avgrensningene til enkelte havområdene er skissert med blå stiplede linjer. Figur: Karen Gjertsen.

1.5 Forvaltningsplanene

Grunnlaget for en helhetlig og økosystembasert forvaltning av de norske hav- og kystområdene ble lagt i St.meld. nr. 12 (2001–2002) *Rent og rikt hav (havmiljømeldingen)*. Helhetlig innebærer at all menneskelig påvirkning på havmiljøets tilstand omfattes og vurderes samlet. Med økosystembasert forvaltning menes at forvaltningen av de menneskelige aktivitetene tar utgangspunkt i de rammene som økosystemet setter for opprettholdelse av dets struktur, virkemåte, produksjon og naturmangfold. St.meld. nr. 8 (2005–2006) *Helhetlig forvaltning av det marine miljø i Barentshavet og havområdene utenfor Lofoten (forvaltningsplan)* var den første forvaltningsplanen for et norsk havområde og har vært en modell for utarbeidelsen av den helhetlige forvaltningsplanen for Norskehavet. Forvaltningsplanen for Nordsjøen er nå under utarbeiding. Ved Stortingets behandling av

St.meld. nr. 26 (2006–2007) *Regjeringens miljøpolitikk og rikets miljøtilstand* ble det fastsatt både et strategisk mål og et nasjonalt resultatmål for helhetlig hav- og vannforvaltning:

Strategisk mål

Det skal sikres en helhetlig og økosystembasert forvaltning av våre hav- og kystområder og ferskvannsføremønstre. Den samlede miljøpåvirkningen skal ikke være større enn at økosystemenes struktur, funksjonsmåte og produktivitet blir opprettholdt og det biologiske mangfoldet bevart. Det skal videre sikres en vannkvalitet i ferskvann og marine områder som bidrar til å opprettholde arter og økosystem, og som tar hensyn til menneskers helse og trivsel.

I forbindelse med arbeidet med forvaltningsplanene er det laget sektorutredninger som blant annet omhandler overvåking, indikatorer, identifisering av verdifulle og sårbare områder og kunnskapsbehov. I forbindelse med overvåking av tilstanden i havet er det laget indikatorer over fysiske, kjemiske og biologiske parametre. Flere av de fysiske indikatorene inngår helt eller delvis i det foreslåtte programmet. I tillegg vil programmet inneholde faktorer som ikke inngår i forvaltningsplanene og vil dermed være mer omfattende enn den miljøovervåkingen som er foreslått i forvaltningsplanene.

Miljøverndepartementet kom i oktober 2011 ut med en rapport som gir oversikt over Miljøverndepartementets virkemidler og resultatområder med konkrete mål (MD, 2011). Det enkelte resultatområdet synliggjør regjeringens miljøpolitiske satsing gjennom de nasjonale målene. De nasjonale målene er fastsatt på bakgrunn av regjeringens politikk, enten i stortingsmeldinger, proposisjoner eller andre politiske dokumenter. De skal være målbare og vise hvilke resultat man skal oppnå på nasjonalt nivå. En indikator på dette er Naturindeks for Norge som viser utviklingen for naturmangfoldet i de store økosystemene (for eksempel de pelagiske artene i Norskehavet, Barentshavet, Nordsjøen og Skagerrak). Hensikten er å måle om tapet av naturmangfold stanser, slik Norge har forpliktet seg til i internasjonale avtaler.

1.6 Vannforskriften

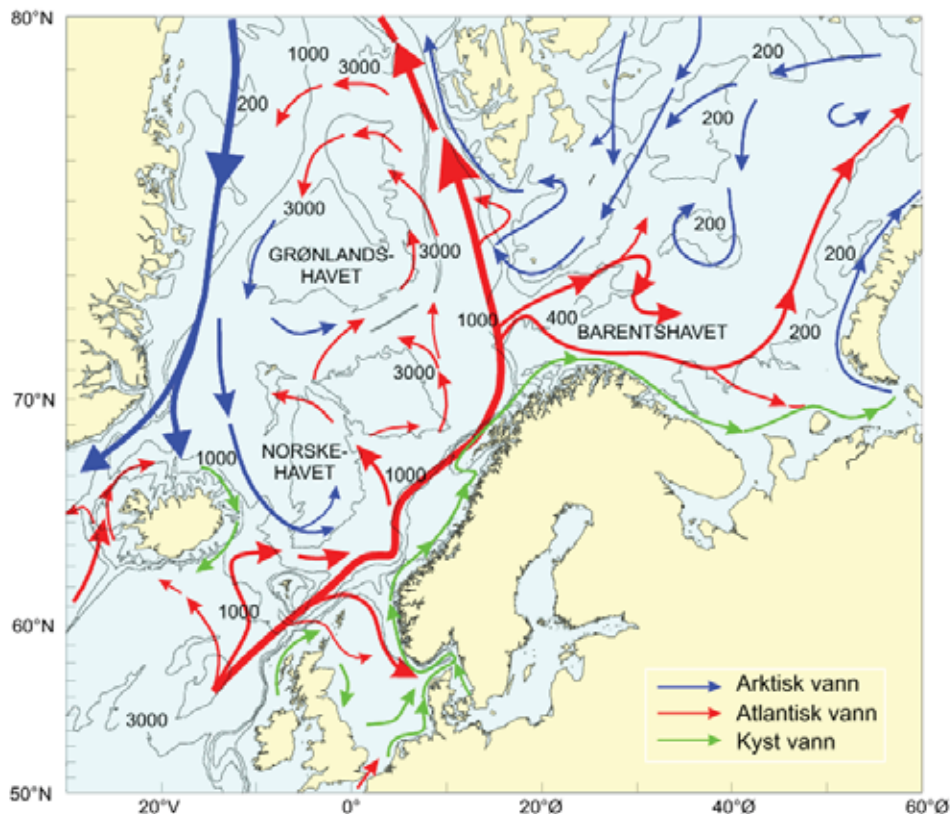
EU's Rammedirektiv for vann (Vanndirektivet) er nå integrert i norsk lovverk ved "Forskrift om rammer for vannforvaltningen" (heretter omtalt som Vannforskriften) ble vedtatt av regjeringen 15. desember 2006. Vannforskriften setter som mål at det skal ivaretas eller oppnås god miljøtilstand i vannforekomstene. Tilstanden måles ut fra økologiske og kjemiske forhold med vekt på de biologiske parameterne. Det er to hovedtyper av overvåking; basisovervåking og tiltaksovervåking, og Vannforskriften setter ulike krav til utformingen av overvåkningsprogram for de ulike typene. I tillegg kan man gjennomføre problemkartlegging / supplerende undersøkelser ved behov. Vanndirektivet stiller som krav at det opprettes et stasjonsnett for basisovervåkingen. Basisovervåkingen deler videre stasjonene inn i referansestasjoner og trendstasjoner. Referanselokaliteter skal fange opp naturlig variasjon og storstilte endringer, mens trendlokaliteter skal benyttes i områder med diffus belastningsbilde. Basisovervåkingen vil gi kunnskap om endringer som følge av klimaendringer og omfattende menneskelig påvirkning. For alle vanntyper skal

vannkvaliteten beskrives ved hjelp av biologiske kvalitetselementer. I direktivet er det gitt at dette skal inkludere planteplankton, makroalger, ålegress og bløtbunnsfauna. I tillegg til et biologisk stasjonsnett er det foreslått et overlappende nettverk for støtteparametre som temperatur, saltholdighet, næringssalt, oksygen, siktedyp og utvalgte miljøgifter. Stasjonsnettet for støtteparametre er tilsvarende som for planteplankton. Et forslag til stasjonsnett for basisovervåking er gitt i SFT-rapport TA-nr 2577 "Vannforskrift – Oppdatert forslag til stasjonsnett for basisovervåking i kystvann" (Pedersen og Dahl, 2009). I foreslått program for kyst har vi valgt å samordne stasjonslokalitetene med blant annet forslagene fra denne rapporten.

2 Historiske og framskrevne klimaendringer

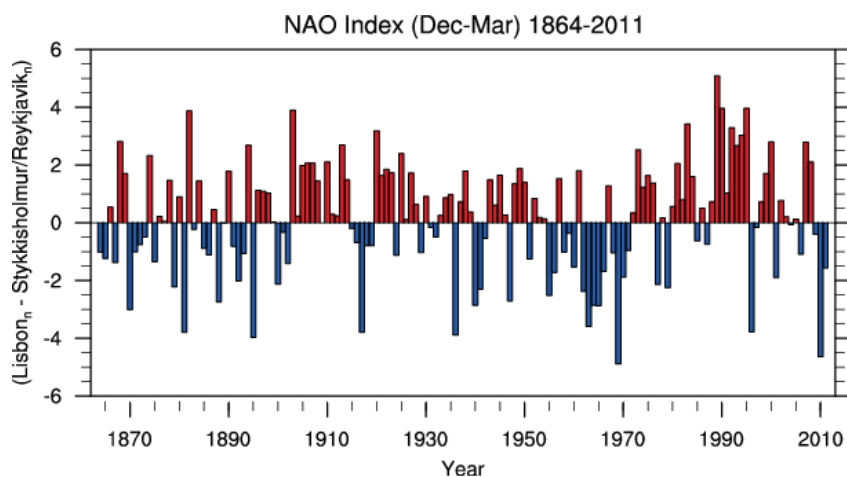
2.1 Historiske klimaendringer i Nord Atlanteren

Havstrømmene er av stor betydning for klima, forurensning og passivt drivende organismer som plankton, egg og larver. De forskjellige havstrømmene transporterer vann med ulike egenskaper, og endringer i transportene kan være avgjørende for endringer i klima og andre miljøforhold. De viktigste elementene som preger alle våre havområder er tilførsel av varmt og salt atlantehavsvann fra Nord Atlanteren, tilførsel av ferskvann til kystvann langs Norskekysten, og tilførsel av kaldt og ferskt arktisk vann fra arktiske områder (Figur 2).



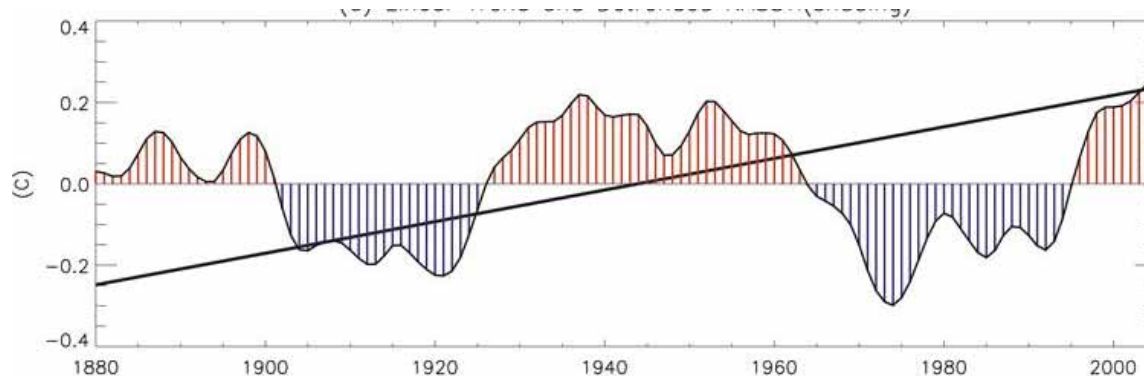
Figur 2. Forenklet bilde av havstrømmene i og omkring norske havområder. Den varme Atlanterhavsstrømmen og atlantehavsvannet dominerer de sørlige og østlige delene av havområdet, mens de kalde arktiske strømmene dominerer de nordlige og vestlige delene. Figur: Karen Gjertsen.

Strømforholdene, fordeling av vannmasser og plassering av frontene mellom forskjellige vannmasser i våre havområder bestemmes i stor grad av landområder og bunntopografien. Variasjonene i strømmene skyldes derimot i stor grad varierende vindforhold. Endringer i vindmønsteret over Nord-Atlanteren og De nordiske hav beskrives ofte ved en indeks for variasjon i trykkforskjellen mellom Sør-Europa og Island ("Den nordatlantiske oscillasjon", NAO, Hurrell, 1995). Variabiliteten i NAO er assosiert med styrken av sørvestlige vinder over Nord-Atlanteren og De nordiske hav. Med høy (positiv) NAO (dvs. stor trykkforskjell) er det sterkere sørvestlige vinder enn vanlig, mens det motsatte er tilfellet ved lav (negativ) NAO. Mens perioden 1950-1970 var karakterisert med svake sørvestlige vinder hadde perioden fra 1970-1995 relativt sterke sørvestlige vinder (Figur 3).



Figur 3. Tidsserie av vinterverdier (Desember-Mars) av den nordatlantiske oscillasjon (NAO) indeksen (<http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/nao.stat.winter.html>).

De stor-skala variasjonene av overflatetemperaturen i Nord-Atlanteren kalles den Atlantiske Multidekadiske Oscillasjon (AMO, Kerr, 2000), og det er vist at den har en viktig påvirkning på både fysiske og biologiske forhold i våre havområder. Skagseth m.fl. (2008) viste at langtidsvariasjonene i Barentshavet (Arktis) fulgte indeksen for AMO. Trenden i AMO indeksen er fjernet slik at den er ment å representere den naturlige variabiliteten i klimaet. Indeksen (Figur 4) viser svingninger på 70-80 år der periodene 1900-1925 og 1970-1990 var relative kalde og periodene før 1900, 1930-1960 og etter 1990 var relative varme. I rapporten "ICES status report on climate change in the North Atlantic" (Reid and Valdés, 2011) er de siste 100 års klimaendringene for Nord Atlantereren, inkludert norske havområder, oppsummert.



Figur 4. Den Atlantiske Multidekadiske Oscillasjon (AMO) indeks. Indeksen er midlet overflatetemperatur over Nord Atlanteren. Den svarte linjen er den fjernede trenden fra dataene. Fra Ting m.fl. (2009)

2.2 Historiske regionale klimaendringer

2.2.1 Regionale klimaendringer – Kyst

Kystsonen er sammensatt av mange ulike økosystemer, fra små, lukkede poller og fjorder med grunne terskler, til store og åpne fjorder og åpen eksponert kyst. Den varierte topografien gir rom for mange ulike naturtyper og leveområder, fra grunne til dype områder og fra meget beskyttede til sterkt eksponerte områder. Disse økosystemene er leveområder for utallige organismer som lever hele livet langs kysten. I tillegg bruker mange oseaniske fiskeslag kysten til gyte-, oppvekst- og beiteområder. Det betyr at kysten har et stort biologisk

mangfold, og det foregår en høy biologisk produksjon. Langs kysten går Den norske kyststrømmen. Den kan sammenlignes med en stor elv og er styrt av jordrotasjonen, topografi, vindforhold, tidevann samt ferskvannstilførselen (lokalt og lenger sør). Kyststrømmen står i mer eller mindre effektiv sirkulasjonsmessig kontakt med vannmasser i skjærgård og fjorder og havområdene utenfor, først og fremst avhengig av topografiske forhold som terskler og bassengdyp.

Langtidsendringer i havklimaet i øvre lag av kystvannet representeres best av vintertemperaturene. De laveste vintertemperaturene ved Ytre Utsira og Skrova etter 1930 ble observert i periodene 1963–70 og 1979–86. Det var en periode med forholdsvis varme vintre ved Skrova mellom 1944 og 1961 og i første del av 1970-årene ved Ytre Utsira sør for Stad. Etter 1988 har vintertemperaturene i kystvannet økt gradvis med rekordhøye vintertemperaturer i 2006–2007.

Temperaturforholdene i dypere lag av kystvannet er betydelig påvirket av innstrømmende atlantehavsvann. Etter en kald periode omkring 1980 økte temperaturen omkring 1990 til det høyeste nivået som er observert siden målingene startet i 1930-årene. Dette gjenspeiler de milde vintrene i perioden 1988–1993 med økte tilførsler av atlantehavsvann til kystområdene. De laveste temperaturene i dypere lag av kyststrømmen ble observert i begynnelsen av 1940-årene og omkring 1970 og 1980. Etter 1990 har det derimot vært en betydelig temperaturøkning i de dypere lag av kystvannet.

2.2.2 Regionale klimaendringer – Hav

I Nordsjøen har vannmassene sin opprinnelse fra innstrømmende atlantiske vannmasser og avrenning fra land. Omtrent 70% av det atlantehavsvann går innom Skagerrak før det forlater området nordover som en del av Den norske kyststrømmen. Mellomårlige variasjoner i sirkulasjonen har stor innflytelse på økosystemet i Nordsjøen. De viktigste årsakene til variasjonene er endringer i innstrømning av atlantehavsvann, vindforhold, varmeutveksling med atmosfæren og ferskvannstilførselen fra Østersjøen, elver fra det europeiske kontinentet og elver lokalt rundt Skagerrak. Skagerrak er en del av overgangsområdet mellom Østersjøen/Kattegat og Nordsjøen og er sterkt påvirket av begge områdene gjennom eksempelvis årstidsvariasjoner. De hydrobiologiske forhold er svært komplekse og dynamiske og til dels ukjente. Ettersom mesteparten av vannmassene i Nordsjøen strømmer innom Skagerrak, er produksjonen i Skagerrak høy gjennom tilførsler og akkumulering av biomasse. Produksjonen i Skagerrak er nesten dobbelt så høy pr. flateenhet som i Nordsjøen. Variasjoner i havklima, vannmassefordeling og havstrømmene i Nordsjøen følger typisk utviklingen i NAO. Med en høy NAO (dvs. mer vestavind) vil vi få varmt og fuktig vær med en økt innstrømning av atlantehavsvann til Nordsjøen og gjennomgående varmere havoverflatetemperaturer. På grunn av komplekst sirkulasjonsmønster, ferskvannstilførsel og effekter av vind ventes det at dette området i stor grad vil påvirkes ved klimaendringer.

Nordsjøens totale varmemengde vil være avhengig både av transporten av vann inn og ut av området samt utvekslingen med atmosfæren. Den vil derfor vise både sesongmessige (økt

varmeinnhold om sommeren og tap av varme om vinteren) og langperiodiske svingninger. Flere studier har pekt på at det skjedde et regimeskifte i Nordsjøen på slutten av 1980-tallet (for eksempel Reid m.fl. 2001). Fra rundt 1988 var det en markert økning i innstrømmingen av atlantehavsvann og en kraftig økning i fangstene av hestmakrell (Iversen m.fl. 2002). Endringer i fordelingen av makrell og sild ble også observert (Corten og Van der Kamp, 1992). På samme tid var det også reduksjon i rekrutteringen av tobis (Arnott og Ruxton 2002). Resultater fra undersøkelser med Continuous Plankton Recorder (CPR) indikerer dessuten en endring både av plante- og dyreplanktonsamfunnene i denne perioden.

Dypvannet i Skagerrak blir ofte skiftet ut om vinteren, hovedsakelig med salt og tungt innstrømmende atlantehavsvann langs vestskråningen av Norskerenna og/eller med vinteravkjølt vann fra nordsjøplataet. Den sistnevnte mekanismen for bunnvannsutskiftning har ikke vært vanlig de siste 40 årene, med unntak av vinteren/våren 2010. Utskiftningen av bunnvann i Skagerrak fører normalt til en hurtig økning i oksygeninnholdet. I tillegg kan det være klare endringer i temperatur og/eller saltholdighet som igjen har betydning for tettheten (tyngden) på sjøvann og derfor hvor dypt ulike vannmasser fordeler seg. Det sistnevnte kan ha betydning for utskiftning av bunnvann i fjordbassenger langs kysten. Dersom bunnvannet i fjorder med stagnerende vannmasser ikke blir skiftet ut, vil oksygenverdiene kunne bli kritisk lave for bunntilknyttede organismer. Observasjoner i dypvannet i Skagerrak viser ujevn hyppighet av denne utskiftningen de siste 50 årene med en frekvens varierende på 1-5 år.

2.2.3 Regionale klimaendringer – Arktis

Strømforholdene i Norskehavet og De nordiske hav bestemmes i stor grad av bunntopografien og vannmassene både i overflaten og dypere nede strømmer hovedsakelig mot klokken i de forskjellige havbassengene (se Figur 2). Det er hovedsakelig tre vannmasser i både Norskehavet og Barentshavet: atlantehavsvann, arktisk vann og kystvann. Atlantehavsvannet, som er relativt varmt og salt, strømmer hovedsakelig inn i Norskehavet mellom Færøyene og Shetland og over ryggen mellom Island og Færøyene. Innen i Norskehavet sprer atlantehavsvann seg gjennom flere sidegrener styrt av topografiske forhold. Mellom Bjørnøya og fastlandet strømmer atlantehavsvann inn i Barentshavet. Øst av Grønland strømmer det kalde og ferskere Arktisk vann fra Polhavet sørover. En del av dette vannet strømmer vestover inn i Islandshavet og videre inn i Norskehavet. Der atlantiske og arktiske vannmasser møtes dannes den arktiske fronten. Over den norske kontinentalsokkelen strømmer ferskt kystvann nordover og inn i Barentshavet. Om sommeren kan dette vannet spres langt vestover i Norskehavet og langt nordover i Barentshavet som et tynt overflatelag. Årlige endringer i utbredelse av de forskjellige vannmassene er av stor betydning for havklimaet og utbredelse av plankton og fisk i Norskehavet og Barentshavet.

Norskehavet og Barentshavet er preget av stor klimavariasjon, så vel sesongmessig som fra år til år. Det er sterkere sørvestlige vinder, og dermed større innstrømming av atlantehavsvann om vinteren enn om sommeren. De store årlige temperaturvariasjonene i Norskehavet og Barentshavet skyldes i stor grad variasjoner i det innstrømmende varme atlantehavsvannet. Variasjonene i havklima og vannmassefordeling styres i hovedsak av både den storstilte

fordeling av lufttrykket over Nordatlanten og tilhørende vindforhold samt lokale vindforhold. Det har vært observert flere storskala klimaendringer i Norskehavet fra 1960-årene til nåtid. Endringer i vindmønsteret fra 1960-årene til 1990-årene (NAO, se Figur 3) medførte en avkjøling i øvre lag av Norskehavet og De nordiske hav, samtidig at saltinnholdet ble redusert (Blindheim mfl., 2000). Økte sørvestlige vinder i denne perioden medførte en mindre vestlig utbredelse av atlantehavsvann i Norskehavet. På midten av 1990-årene reverserte denne trenden som følge av endringer i det storskala vindmønsteret og den storskala havsirkulasjonen i Nord Atlanteren. Dette medførte at det atlantehavsvannet som nå strømmer inn i Norskehavet og Barentshavet er varmere og saltere enn tidligere (Hatun mfl. 2005; Holliday mfl. 2008), noe som har gitt rekordhøye temperaturer og saltholdigheter i Norskehavet, Barentshavet og tilstøtende kyst- (Albretsen mfl. 2011a) og havområder de siste årene (Mork mfl., 2007; Agnalt m.fl. 2011). I samme periode er det også registrert en nedgang i silikat som følge av endret atlantehavsvann (Rey, 2012). I både Barentshavet og Arktis er det registrert en nedadgående trend i isdekke som følge av klimaendringene. Mens endringene i isdekket i Arktis er størst om sommeren og skyldes hovedsakelig en stadig varmere atmosfære, er endringene i Barentshavet størst om vinteren og assosiert med en økt varmetransport av atlantehavsvann inn i Barentshavet (Årthun m.fl., 2012).

2.3 Framskrevne klimaendringer til 2100

Endringene som observeres i klimaet består av to hovedkomponenter; det er de naturlige svingningene i klimaet som alltid vil være der og menneskeskapt endringer som skyldes økt utslipp av klimagasser til atmosfæren. De naturlige svingningene er, på kort sikt, mye større enn det menneskeskapt bidraget og kan kamuflere disse. Siden det menneskeskapt bidraget alltid gir en oppvarming vil imidlertid temperaturøkningen bli stor over lang tid. Det økende fokus på virkningene av menneskeskapt klimaendringer for det norske samfunnet, har gjort at våre måleserier har fått en ny viktig betydning. I NOU-rapporten fra Regjeringens klimatilpasningsutvalg (2010) påpekes det betydningen av langsiktig overvåking av natur og miljø som et viktig klimatilpasningstiltak.

De mest avanserte verktøy for å lage fremskrivninger av den globale klimautviklingen er sirkulasjonsmodeller for atmosfære-hav systemet. Disse klimamodellene inkluderer en dynamisk beskrivelse av prosessene i både atmosfære, hav og sjøis. Klimamodellene gir et mål på hvor stor oppvarming vi kan forvente å få under gitte utslippsscenarioer av CO₂ til atmosfæren. IPCC AR4-rapporten (IPCC 2007) viser en gradvis reduksjon av varme- og massetransporten nordover i Atlanterhavet. For våre områder overskygges den reduserte varmetransporten i havet av en generell temperaturøkning i atmosfæren. Det ventes derfor oppvarming i havområdene utenfor Norge i dette århundret, til tross for at styrken i omveltningen av vannmassene i Atlanterhavet kan bli redusert med 20–30 prosent.

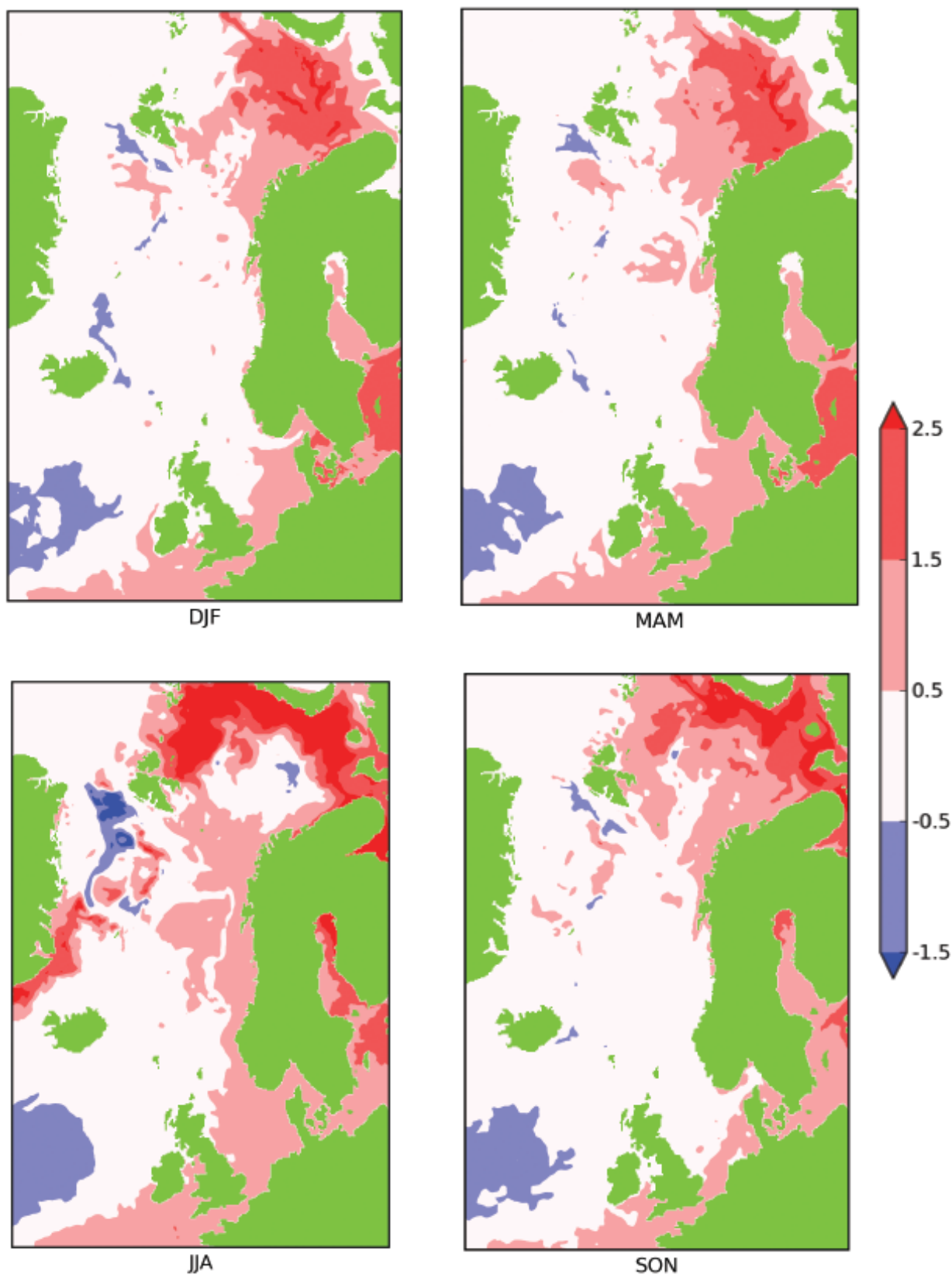
Den romlige oppløsningen i de nåværende klimamodellene er tilstrekkelig for å modellere de fleste storskala endringene, men er for grov til å representere klima på regional skala. Istedet blir resultatene fra klimamodellene nedskalert med enten dynamiske (regionale sirkulasjonsmodeller) eller empirisk-statistiske metoder, og dette har vært anvendt i NorACIA

(Førland m.fl., 2009). Nedskalerte modeller kan ikke korrigere alle feilene i storskala modellene, men det er dokumentert at metoden gir bedre resultater regionalt enn de globale modellene gjør (Ådlandsvik og Bentsen, 2007; Melsom m.fl., 2009). Det finnes nedskaleringer for Nordsjøen (Ådlandsvik, 2008), Barentshavet (Ellingsen m.fl., 2008) og en mer storskala nedskalering som dekker alle norske havområder (Melsom m. fl., 2009). Et problem i våre områder er sjøisen i Barentshavet er dårlig representert i de globale modellene, noe som gir urealistiske høy oppvarming der når disse nedskaleres og isen forsvinner.

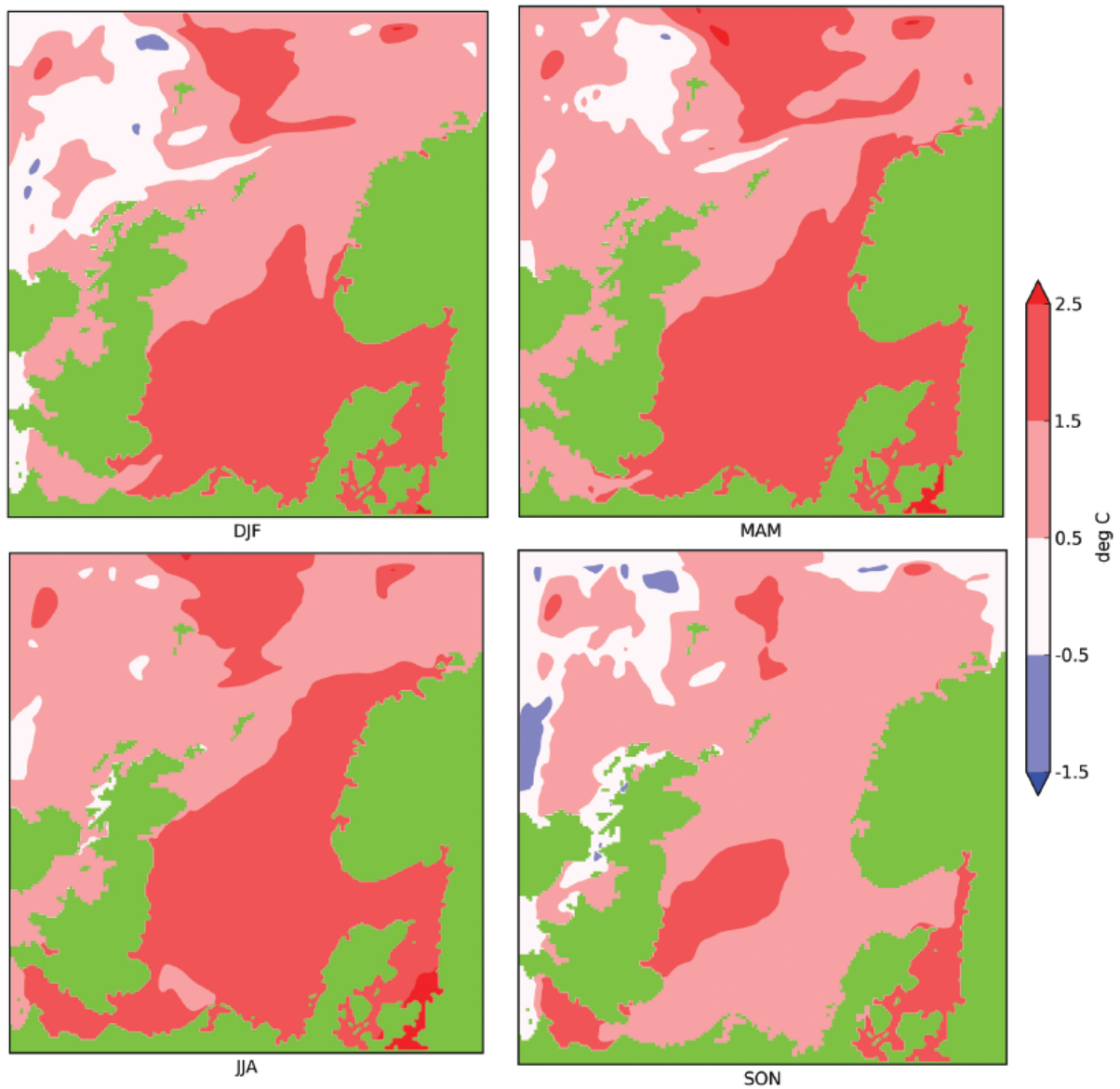
I rapporten "Klima i Norge 2100" (Hanssen-Bauer m.fl., 2009) ble det utført en dynamisk nedskalering som dekker det nordlige Atlanterhavet og Polhavet basert på en global klimamodell som gjorde det bra med hensyn til isdekke i Barentshavet og Arktis (Overland og Wang, 2007). Figur 5 viser endringen i overflatetemperatur i utvalgte måneder, middel 2051–65 minus middel 1986–2000 (Hanssen-Bauer m.fl., 2009). Den kraftige oppvarmingen i det østlige Barentshavet er urealistisk og skyldes problemet med for mye is i kontrollkjøringen. I det vestlige Barentshavet viser dette scenarioet en oppvarming, opp mot 1,5 grader, men til dels med en avkjøling i det sentrale Barentshavet om sommeren. Scenarioet gir en svak reduksjon av den relativt varme atlantehavsinnstrømningen til Barentshavet. På grunn av temperaturøkningen opprettholdes varmetransporten. Langs norskekysten viser resultatene en oppvarming opp mot 0,5 grader mesteparten av året, noe sterkere om sommeren. I Nordsjøen gir scenarioet en noe sterkere oppvarming, spesielt i sør og øst mot kontinentet. I Atlanterhavet sør for Island og til dels øst for Grønland gir scenarioet en nedkjøling. Dette kan skyldes reduksjon i den vertikale omveltningen av vannmasser i den styrende globale modellen.

For Barentshavet er det utført en alternativ nedskalering av Ellingsen m.fl. (2008). Resultatene fra denne nedskaleringen kan oppsummeres med en temperaturøkning på 1 °C i løpet av 65-års perioden 1995-2059. Det er en klar reduksjon i mengden is, hvor spesielt sommerisen forsvinner. Polarfronten i Barentshavet, som skiller atlantiske og arktiske vannmasser, viser en tendens til å trekke seg noe østover og nordover, sammenlignbart med nåværende år-til-år-variabilitet. Denne kjøringen gir heller ikke noen signifikant endring i innstrømningen av atlantehavsvann fra Norskehavet til Barentshavet.

For Nordsjøen ble det kjørt et scenario i RegClim-prosjektet (Ådlandsvik, 2008) basert på IPCC-kjøringene med den norske globale klimamodellen Bergen Climate Model (BCM). Scenarioet dekker perioden 2082–97, med kontrollkjøring for perioden 1982–97. Scenarioet gir en oppvarming av hele Nordsjøen med middel på 1,4 grader i løpet av hundreårsperioden. Overflaten varmes mer enn resten av vannsøylen, med årsmiddel på 1,7 grader. Figur 6 viser geografisk og sesongmessig mønster i endringen i overflatetemperaturen. Oppvarmingen er sterkest i de grunne områdene sør og øst i Nordsjøen. Det er liten forskjell på innstrømningen til Nordsjøen i scenario sammenlignet med kontrollkjøringen.



Figur 5. Modellert sesongmessig overflatetemperatur vist som avvik/ending fra midler over kontrollkjøring i 1986–2000 til framtidsscenario for perioden 2051–65. Bokstaver på x-aksen viser måneder i året. Modelleringen viser et gjennomsnittlig bilde av 3 måneders kjøring (DJF: desember-februar, MAM: mars-mai, JJA: juni-august og SON: september-november). Fra Hanssen-Bauer m.fl. (2009).



Figur 6. Modellert sesongmessig overflatetemperatur i Nordsjø-nedskaleringen vist som avvik/endring fra midler over kontrollkjøring i 1972-1997 til framtidsscenario for perioden 2072–97. Bokstaver på x-aksen viser måneder i året. Modelleringen viser et gjennomsnittlig bilde av 3 måneders kjøring (DJF: desember-februar, MAM: mars-mai, JJA: juni-august og SON: september-november). Fra Ådlandsvik (2008).

3 Eksisterende overvåking av havmiljøet

Dette kapitlet gir en oversikt over eksisterende miljøovervåking. Miljøovervåkingen omfatter overvåking av temperatur, saltholdighet, karbon (pH), strømforhold og sjøis. Disse parametrene gir et godt bilde av sesongmessige, årlige og dekadiske endringer i det marine klimaet. Forutsetningen for at vi har lange tidsserier er at det observeres regelmessig. Ofte måles det andre elementer sammen med nevnte miljøparametre, som næringsalter, klorofyll, plante- og dyreplankton, fisk, forurensning, etc. Disse ekstra parametrene er også tatt med i rapporten der det er relevant. For å lette oversikten er mye av den relevante nåværende miljøovervåkingen oppsummert i tabeller for de forskjellige områdene: kyst, hav og Arktis (Tabell 1-4, s. 35-39).

Mye av dagens aktiviteter er knyttet til faste programmer for overvåking av miljø og ressurser. Havforskningsinstituttet har ansvaret for det meste av den nasjonale overvåkingen av de åpne havområdene. Dette omfatter faste snitt og stasjoner som går igjen flere ganger årlig, og regionale økosystemtokt som dekker et større havområde en eller flere ganger i året (for eksempel Aure og Gjertsen 1998). Økosystemtoktene innbefatter målinger over hele næringskjeden, fra miljø til fisk (og hval). Dataene inngår i rapporter til Fiskeri og Kystdepartementet, ICES og i forbindelse med forvaltningsplanene. I kystområdet er det flere institutter involvert i overvåkingen. Havforskningsinstituttet og NIVA er de største aktørene og samarbeider innen flere overvåkningsprogram i kystsonen. I havområdene med sjøis (som i Framstredet) har Norsk Polarinstitutt de fleste toktene, ofte med fartøy som kan gå inn i områder med sjøis.

3.1 Overvåkingsstrategier

Overvåkingen kan deles inn i forskjellige type aktiviteter som går igjen i de forskjellige havområdene. Noen av de vanligste overvåkingsaktivitetene er faste hydrografiske snitt, regional områdedekning, faste hydrografiske stasjoner og ferryboxer/termografstasjoner.

Faste hydrografiske snitt

Hydrografiske snitt er et kompromiss mellom enkeltstasjoner og større områdedekninger. Snittene er lagt på tvers av viktige strømmer som Atlanterhavsstrømmen og Kyststrømmen. På denne måten kan vi overvåke hydrografien i kjernen av strømmen. Strømmen kan variere i styrke, bredde, dybde og forskyves sidelengs. Dette er vanskelig å fange opp med en enkelt stasjon, men kommer tydelig fram i et velplassert snitt. Snitt gir også mulighet for å estimere transporten på tvers ved geostrofiske beregninger. Gjennomføring av faste snittene gir oss mulighet for prøvetakninger innen faste områder i havet med forhøyet frekvens. Denne type data er viktig for å kunne fange opp variasjoner og endringer på ulike tidsskala; sesongmessige, mellomårilige og langtidsvariasjoner.

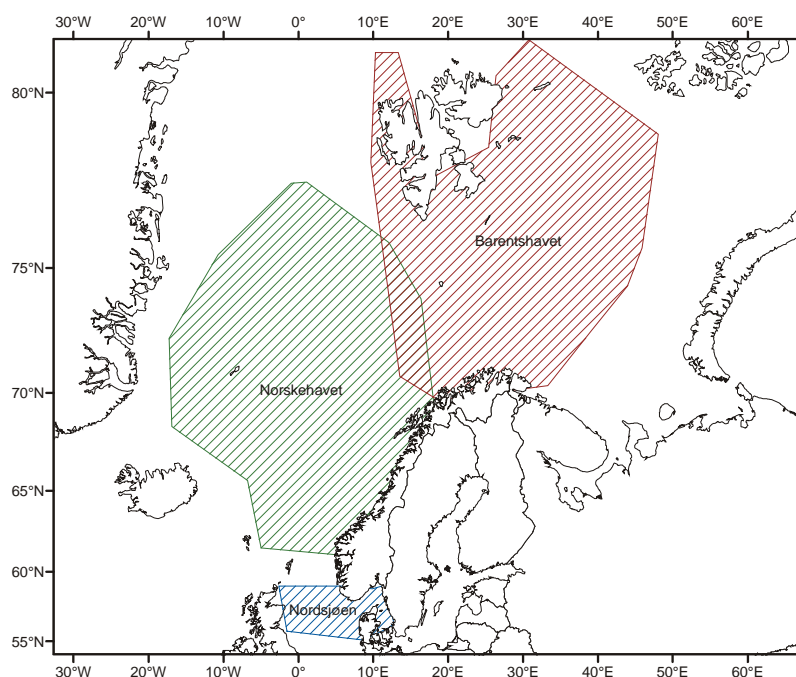
I dagens overvåkningsprogram er det 11 faste snitt fordelt på de ulike havområdene. Per i dag gjøres alle hydrografiske observasjoner på de faste snittene med en CTD ("Conductivity-Temperature-Depth") - sonde som gir vertikale profiler av temperatur og saltholdighet som funksjon av dyp. På noen CTD-er også oksygen og fluoressens (mål for klorofyll-a) sensorer

Regionale områdedekninger

Tokt som dekker større regionale områder, foretatt på egnete tidspunkt, gir det beste bildet av horisontalutbredelsen av vannmasser og biologiske ressurser (for eksempel fordeling og mengde av plankton, torsk, sild, kolmule, lodde og deres predatorer). På de regionale områdedekningene tas samme type observasjoner som på de faste snittene, men i tillegg registreres flere fiskearter ved hjelp av akustikk og trålhal. Områdedekninger tar imidlertid lang tid og er kostbare å utføre, og de kombineres ofte med hydrografiske snitt for å få både et romlig bilde og en brukbar oppløsning i tid. Områdedekninger utføres i alle de tre store havområdene (Figur 8 og Tabell 1).

Faste hydrografiske stasjoner og stasjon M

De faste hydrografiske stasjonene ble opprettet av Havforskningsinstituttet i perioden 1935-1947. I ni faste hydrografiske kyststasjoner fra Skagerrak til Finnmark blir saltholdighet og temperatur observert i faste dyp ned til 200-300 m. Temperatur og saltholdighet observeres 2-4 ganger per måned både i kystvannet og i det dypereliggende atlantehavsvannet. Målingene blir utført med små fartøyer av lokalt personell. I Norskehavet lå også værskipet Polarfront i fast posisjon (66N, 2Ø) på stasjon M (Mike), der daglige målinger har vært utført i samme posisjon siden 1. oktober 1948. Etter at målinger fra værskipet stoppet opp desember 2010 har målingene fortsatt fra en automatisert bøye. Biologiske og kjemiske prøver er kun samlet i kortere tidsperioder, med unntak av St. M der man har gjennomført en mer systematisk innsamling siden 1990.

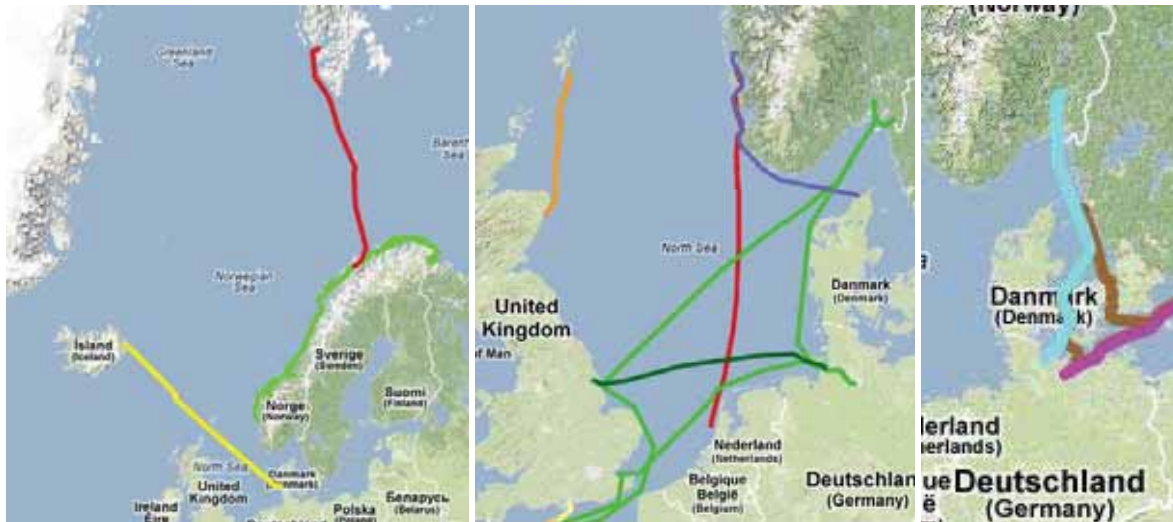


Figur 8. Områder som dekkes av økosystemtokter i Nordsjøen/Skagerrak, Norskehavet og Barentshavet.

Ferryboxer – termografstasjoner

I 1936 etablerte Havforskningsinstituttet målinger av temperatur og saltholdighet i overflatelaget fra rutegående skip, langs kysten fra Oslofjorden til Kirkenes med observasjoner ca. 2 ganger i uken. Bare strekningen Bergen-Kirkenes er fra begynnelsen av 1980-årene tatt regelmessig med Hurtigruten. Automatiske instrumentpakker på skip, såkalte

FerryBoxes, har vært brukt i mange år. Det startet med CPR (Continuous Plankton Recorders) og har utviklet seg til sofistikerte FerryBoxer med en rekke forskjellige sensorer ved siden av temperatur og saltholdighet. NIVA har to ruter: Oslo-Kiel og Bergen-Hirtshals. Andre aktuelle linjer er Moss-Immingham, Halden-Cuxhaven, Amsterdam-Bergen og Esbjerg-Torshavn-Island, Tromsø – Longyearbyen (Figur 9).



Figur 9. Oversikt over nåværende Ferrybox ruter i Norskehavet (venstre figur), Nordsjøen (midtre figur) og Skagerrak (høyre figur). De fargete linjene i hver figur angir de forskjellige rutene. Fra <http://www.ferrybox.org/>.

3.2 Overvåking - kyst

3.2.1 Miljøovervåking

De ni hydrografiske kyststasjonene er gjengitt i tabell 1. Hvor ofte det måles, varierer fra stasjon til stasjon der noen stasjoner har høyere frekvens enn andre. Frekvensen på hver stasjon kan også variere litt over tid på grunn av været, men som regel er frekvensen 2-4 ganger per måned. Målingene inkluderer både kystvann og dypere liggende atlantisk vann. I tillegg til disse stasjonene vil de innerste stasjonene på alle de faste hydrografiske snittene (totalt 11 snitt) være innenfor definisjonen av kysten og dermed være viktige datakilder. På disse stasjonene tas det også målinger av næringsalter, klorofyll, plante- og dyreplankton. Den faste hydrografiske kyststasjonen Torungen er en stasjon på snittet Torungen-Hirtshals som også benyttes som en fast stasjon i overvåkingsprogrammet Kystovervåking - Sør-Norge. I tillegg til temperatur og saltholdighet tas målinger av næringsalter, oksygen, klorofyll, og plante- og dyreplankton. Ved forskningsstasjonen til Havforskningsinstituttet i Flødevigen (Arendal) måles temperatur og saltholdighet daglig i 1 m, 19 m, og 75 m dyp. Måleserien startet opp i 1918 i 0, 1 og 19m med daglig prøvetakning fra 1924 (daglig i 19m fra 1947). Målinger i 75 m startet i 1975. To ganger i året dekkes norskekysten, nord for 62°N, av et økosystemtokt som også inkluderer målinger av plankton og fisk (se tabell 1). I tillegg pågår det ulike overvåkingsprogram i fjord og kystområdene, primært i området Østfold – Hordaland. Enkelte av disse prosjektene har pågått så lenge at de må anses som lange tidsserier (eks. Grenland og Oslofjorden). Innsamlingen av fysiske data ved hjelp av FerryBoks systemet på hurtigruten vil gi data for overflaten (ca. 4 m dyp) i kyst og

fjordområdene. Dette er kontinuerlig dekning med sensorer, med mulighet for å ta ut vannprøver for kjemiske analyser.

Volumtransport/strøm

Det er ingen direkte målinger av transport av kystvann. Bruken av numeriske strømmodeller øker i omfang, og godt validerte arkiv med modellresultater gjør det mulig å bruke disse til overvåkningsformål og for å studere klimautvikling. I indikatorrapporten for Nordsjøen blir det foreslått å bruke den nordgående transporten av norsk kystvann som overvåkningsparameter. Modellsystemet NORWECOM (Skogen mfl, 1995; Skogen og Søiland, 1998) som er utviklet på Havforskningsinstituttet, blir da benyttet, men utviklingen av nyere modellsystem og opparbeidelse av lengre tidsserier med f.eks. NorKyst-800 (Albretsen mfl. 2011b) gjør at man om kort tid har mulighet til å supplere med flere uavhengige modellrealiseringer.

3.2.2 Miljøovervåkning – biologiske parametere

Det pågår flere langsiktige prosjekter i de kystnære områdene som fremskaffer biologiske data for ulike grupper av marine organismer. I tillegg vil det foretas tidsavgrensede prosjekter med fokus på en eller flere grupper. Dersom de tidsavgrensede prosjektene gjennomføres innen samme område gjentatte ganger vil dette være datasett som er anvendelig inn mot klima relaterte problemstillinger. Et eksempel er gjentatt aktivitet i Hardangerfjorden fra ujevne mellomrom fra 50-tallet og fremtil i dag. Størst utgangskraft vil være de som foretas årlig med bruk av standardiserte innsamlingsmetoder og opparbeidningsmetodikk.

Havforskningsinstituttet gjennomfører en rekke undersøkelser av biologiske parametere langs kysten. I de fleste tilfeller vil det være program som er rettet inn mot helt konkrete grupper av organismer og ofte knyttet til spesifikke områder, slik at de ikke er landsdekkende og helt spesifikke problemstillinger. Dataene fra disse programmene er i liten grad benyttet opp mot klimarelaterte problemstillinger. I regi av Mattilsynet gjennomføres det et overvåkningsprogram for potensielt skadelige alger. I dette programmet fremskaffes det også en generell beskrivelse av planteplankton sammensetningen ved en rekke stasjoner langs hele kysten. Informasjon fra dette programmet legges ut ukentlige på web (<http://algeinfo.imr.no/>). Det samles ikke inn støtteparameter i dette programmet, slik at dette må samkjøres med annen aktivitet for å kunne benyttes inn mot andre problemstillinger enn skadelige alger. For dyreplankton er det i dag ingen repeterende overvåknings langs kysten, med unntak av en stasjon på Skagerrakkysten. I regi av KLIF gjennomføres det prøvetakning av dyreplankton utenfor Arendal innen "Kystovervåknings-programmet". De innerste stasjonene på Havforskningsinstituttets faste snitt ligger tett opptil ytre grense for kystsonen og vil gi et bilde av dyreplankton-sammensetningen i de eksponerte delene av kysten. På sikt bør det etableres et overvåkningsprogram i utvalgte fjordsystemer for overvåkning av dyreplankton-sammensetning og biomasse.

Havforskningsinstituttet har et overordnet ansvar for overvåkning av fiskeressursene i norske farvann (fisk og reke). Overvåkningen innbefatter kartlegging av mengde og alderssammensetning av de kommersielt viktige artene. I trålfangster blir også ikke-kommersiell

viktige arter identifisert og registrert slik at det finnes en oversikt over hvor mange arter som finnes og når og hvor de er registrert. Overvåkingen av fiskeressurser er først og fremst knyttet til havområder, men for enkelte arter (sild og brisling) pågår det en viss aktivitet i kysten. De senere års fokus på lokale populasjoner har medført noe større innsats på innsamling av materiale for kartlegging av lokale populasjoner og kontakt mellom disse. Det har vært gjennomført kartlegging av yngel (0-gruppe undersøkelser) i en rekke fjorder langs hele kysten i regi av Havforskningsinstituttet. I Skagerrak-regionen har det vært gjennomført strandnot-undersøkelser fra 1919, for kartlegging av torsk og andre arter i gruntvannsområder. Dette datasettet benyttes allerede i dag i forbindelse med klimarelaterte problemstillinger og det arbeides med å utvide disse undersøkelsene til andre områder. Havforskningsinstituttet gjennomfører så vel bestandstaksring som forvaltningsrelevante biologiske og økologiske studier av steinkobbe og havert. Det tas sikte på å kunne gi nye landsomfattende bestandsestimater for steinkobbe og havert hvert femte år. Sjøpattedyr undersøkelsene er primært knyttet til området fra Sør-Trøndelag til grensen til Russland. For bunnhabitater og bunntilknyttede organismer gjennomføres det repeterende overvåking av utvalgte grupper. Havforskningsinstituttet gjennomfører et overvåkningsprogram av tareskog i områder hvor det foregår taretråling på strekningen Rogaland til Trøndelag. Målsettingen er å se på effekter av taretråling hvor vi ser nærmere på uttaksgrad (trålspor), reetablering av tare (tetthet og størrelse) og assosierte arter, forekomst av beitere (kråkeboller) og deres effekt på reetableringen. Innen programmet skal vi også registrere naturlig tilstandsvariasjon i områder hvor det ikke foregår taretråling. I regi av KLIF gjennomføres det et overvåkningsprogram for "Miljøtilstand for Sukkertare" på strekningen Rogaland – Østfold. Programmet fokuserer først og fremst på sukkertare, men andre makroalger og fauna registreres i dette programmet. Programmet startet opp i 2009 og ledes av NIVA.

I 2003 opprettet en interdepartemental gruppe et "Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold". Programmet har fokusert på kartlegging av utvalgte naturtyper og gir viktig kunnskap om ulike naturtypers utbredelse og vil ved repeterende undersøkelser kunne gi viktig kunnskap om endringer av disse over tid.

Innen ulike program foreligger det biologiske data. Dette er data som er samlet inn med andre formål enn effekter av klimaendringer. Samtidig vil disse datasettene i stor grad samle data som gir utbredelse og taksonomisk informasjon som kan tolkes med klimatiske parametere. For flere av de biologiske parametrene er det ikke en "nasjonal" dekning, men fokusert på mindre geografiske områder. Man må sikre seg at det samles tilstrekkelig informasjon fra hele kysten.

Implementering av en basisovervåking for Vannforskriften vil også bidra med viktige biologiske data som hardbunn flora, bløtbunn fauna, angiospermer og planteplankton langs hele kysten. I tillegg vil datasettet inneholde viktige fysiske og kjemiske støtteparametere for tolkning av biologiske endringer. Det vil være hensiktsmessig å bygge videre på de forslåtte referansestasjonene i basisovervåkingen med unntak av Skagerrak region der aktiviteten må knyttes til trendovervåkingen.

3.3 Overvåking - Hav

3.3.1 Miljøovervåking

Overvåkingen inkluderer to faste hydrografiske snitt; Torungen - Hirtshals (10 ganger pr. år) og Utsira mot vest (6 ganger pr. år). Andre snitt, som har vært en del av Havforskningsinstituttets faste overvåking tidligere (Hansthalm-Aberdeen, Oksøy-Hansholm og Fedje-Shetland), følges av og til opp som en del av økosystemtoktene. Ved siden av temperatur og saltholdighet tas det vannprøver i faste dyp på alle snittene for analyse av næringssalter, klorofyll og planteplankton. I tillegg tas det dyreplanktonprøver med vertikale håv på noen av snittene. I dette området er det 3-4 FerryBoks transekter (NIVA) med sensor prøvetakning i overflaten, samt enkelte utvalgte stasjoner for kjemiske analyser.

I det nordlige Nordsjøen har det blitt gjennomført et regionalt økosystemtokt i April siden 2005. Ved siden av temperatur og saltholdighet tas det vannprøver i faste dyp for analyse av næringssalter, klorofyll og planteplankton. I tillegg tas det dyreplanktonprøver med vertikale håv og fiskeregistreringer. I den østlige delen av Nordsjøen og Skagerrak har det siden 1998 blitt gjennomført et regionalt økosystemtokt for april måned. Ved siden av temperatur og saltholdighet tas det her også vannprøver i faste dyp på alle snittene for analyse av oksygen, næringssalter, klorofyll og planteplankton, og dyreplanktonprøver med vertikale håv.

Volumtransport/strøm

Det gjennomføres ingen direkte målinger av volumtransporten, men transporten av atlantisk vann inn i Nordsjøen, mellom Orknøyene og Utsira, blir, som transport av kystvann, beregnet fra det numeriske havmodellsystemet NORWECOM. Dataserien av transport er simulert fom. 1985 og oppdateres årlig. Modellestimater av transport av innstrømmende atlantisk vann til Nordsjøen og Skagerrak er også foreslått som indikator innen forvaltningsplan Nordsjøen.

3.3.2 Miljøovervåking - biologiske parameter

Som for de kystnære farvannene foregår det en overvåking av utvalgte biologiske parametere i Nordsjøen/Skagerrak området. For de lavere trofiske nivåene, planteplankton og dyreplankton er denne overvåkingen knyttet til faste snitt og regionale dekninger i regi av Havforskningsinstituttet. Havforskningsinstituttet gjennomfører årlige undersøkelser av kommersielle arter (eks. Torsk, Sei, Nordsjøsil, Tobis og Reker) i området. I denne overvåkingen vil utvalgte arter være fokus, men bifangst data samles og vil kunne gi informasjon om fiskesamfunnet. Overvåkingen gir informasjon om biomasse av de utvalgte artene samt bidra med informasjon for kartlegging av horisontal utbredelse. Mye av dagens aktivitet er foreslått som indikatorer i Forvaltningsplan for Nordsjøen og Skagerrak (Storeng mfl., 2012). For sjøfugl og sjøpattedyr pågår det en overvåking som vil kunne benyttes inn mot et klimaprogram.

For hardbunn og korallforekomster eksisterer det ikke noen overvåking i havområdene. Det er gjennomført sporadiske undersøkelser av kjente korallforekomster, men ingen systematisk overvåking. Hardbunns-undersøkelser foretas kun i de kystnære områdene, og det foreligger liten kunnskap om dette habitatet i havområder.

For bunnsamfunn er det forholdsvis lite aktivitet i Skagerrak-området, med unntak av årlige reketokt. Det er ingen aktivitet som går direkte på bløtbunnsfauna (*infauna*) i Skagerrak. For Nordsjøen gjennomføres det undersøkelser knyttet til petroleumsaktiviteten i regi av Oljeindustriens Landsforening (OLF). I en klimasammenheng vil først og fremst det stasjonsnettet som benyttes som referansestasjoner være av interesse. Utvalgte stasjoner i dette nettverket ble forslått i forbindelse med Kartlegging og overvåking av biologisk mangfold (Oug & Naustvoll 2008).

Så langt som det er mulig bør man utnytte aktivitet knyttet til Forvaltningsplan Nordsjøen og Skagerrak. Dersom dagens aktivitet skal utvides bør man i så stor grad som mulig bygge videre på de planer som ble skissert i Oug & Naustvoll (2008). For Nordsjøen bør man også se på muligheten for samarbeid med andre land som driver overvåking i vårt nærområde. Først og fremst bør man se på muligheten for å benytte data fra "Continuous Plankton Recorder" (CPR) undersøkelsene (SAHFOS).

3.4 Overvåking - Arktis

3.4.1 Miljøovervåking

Det er fire faste hydrografiske snitt (Svinøy-NV, Gimsøy-NV, Bjørnøya-V og Sørkapp-V) i Norskehavet og to i Barentshavet (Fugløya-Bjørnøya og Vardø-N) som gjennomføres regelmessig. For alle snittene utenom Sørkapp-V tas det i tillegg vannprøver i faste dyp for analyse av næringssalter, klorofyll og planteplankton, og dyreplanktonprøver tas med vertikale håv. Svinøy-NV med 17 hydrografiske stasjoner tas 5 ganger i året, Gimsøy-NV (19 stasjoner), Bjørnøya-V (13 stasjoner) og Vardø-N tas 4 ganger i året (2 ganger fra 2012), og Fugløya-Bjørnøya tas 6 ganger i året. Sørkapp-V (14 stasjoner) tas en gang i året, men fra 2011 tas bare tre stasjoner på Sørkapp-V for å opprettholde tidsserien av temperatur og saltholdighet som går tilbake til 1978. I perioden mai/juni blir Gimsøy-NV og Bjørnøya-V snittene forlenget vestover med ekstra stasjoner slik at snittene krysser Mohnsryggen og går inn i Grønlandshavet. Fra 2012 er det planlagt å starte opp et nytt snitt nord av Svalbard, hvor også transport av Atlantisk inn i Arktisk vil bli målt med strømmålere.. Det er få FerryBoks-dekninger i dette området.

Fra slutten av april til begynnelsen av juni gjennomføres et årlig økosystemtokt som dekker hele Norskehavet med både hydrografiske og plante- og dyreplankton prøvetakninger og registreringer av pelagiske fiskebestander som sild, makrell og kolmule. Toktene gjennomføres i samarbeid med andre land (Island, Færøyene, Russland og EU) gjennom ICES Planning Group on Northeast Atlantic Pelagic Ecosystem Surveys (PGNAPES, www.ices.dk). I Barentshavet gjennomføres to årlige regionale økosystemtokt i samarbeid med russiske havforskere fra PINRO i periodene februar-mars og august-september. Ved siden av hydrografiske målinger tas det plante- og dyreplankton prøvetakninger og registreringer av fiskebestander som torsk, sild og lodde.

Argo bøyer

Det internasjonale Argoprogrammet (www.argo.ucsd.edu/) ble opprettet i år 2000 og består av et globalt rutenett av autonome bøyer (Argo bøyer) som måler temperatur og saltholdighet, og eventuelt oksygen og fluoressens (mål for klorofyll *a*) i de øvre 2000 m av havet. Dataene sendes over satellitt i sann tid til datasentrene og er fritt tilgjengelig over internett. Det er i dag ca. 3300 aktive Argo bøyer globalt der ca. 25 aktive bøyer er i De nordiske hav. Noen av disse bøyene er også utstyrt med oksygen og fluoressens (klorofyll-*a*) sensorer. Argo-nettverket bidrar til den marine observasjonssystemet ekvivalent til dagens operasjonelle meteorologiske observasjonssystem for atmosfæren. Siden bøyene har en levetid på 3-4 år må det settes ut nye bøyer etter hvert for å opprettholde Argo-nettverket. Det er flere land som har satt ut bøyer i De nordiske hav der Tyskland har vært den største aktøren. Fra Norge har Havforskningsinstituttet satt ut 15 Argo bøyer i Norskehavet siden 2002 der tre bøyer fortsatt er aktive. I 2012 startet prosjektet NorARGO, en norsk Argo infrastruktur finansiert av Forskningsrådet for en tidsbegrenset periode. Prosjektet vil bidra til å opprettholde minimum 10 Argo bøyer i Norskehavet ved å erstatte bøyer som etter hvert går ut. Figur 11 viser lokalitetene til de aktive bøyene i De nordiske hav 11. januar 2012.



Figur 11. Registrerte posisjoner til de aktive Argo bøyene i De nordiske hav 11. januar 2012.

Polarbuoy-prosjektet (stasjon M)

Observasjoner fra værskipstasjonen M ble avsluttet desember 2010 etter å ha vært i kontinuerlig drift siden 1948. Gjennom prosjektet Polarbuoy (www.imr.no/forskning/forskningsdata/stasjonm/), finansiert av Norges forskningsråd, blir derimot observasjonene videreført. En operasjonell havovervåkningsbøye sender data fra hav og atmosfære i sann tid via satellittoverføring. Bøyen er plassert nær stasjon M, og data herfra er fritt tilgjengelig for alle, både for forskere og andre interesserte. Polarbuoy-prosjektet er ledet av Havforskningsinstituttet i nært samarbeid med Universitetet i Bergen, UNI Research og

met.no, og prosjektperioden er fra 2010 til 2013. I tillegg til de meteorologiske observasjonene tas det oseanografiske målinger, som temperatur, salt, oksygen, fluoressens (klorofyll-a) og CO₂. På europeisk nivå arbeides det nå for å etablere et globalt stasjonsnett for havobservasjoner. Stasjon M er en av i alt ti stasjoner i det nye prosjektet EuroSITES der målsetningen er å operere slike observatorier på europeisk nivå og videreutvikle måle metodene slik at de kan brukes i et globalt nettverk.

Volumtransport/strøm

Transport av atlantisk vann overvåkes av ulike snitt som krysser Den norske atlantehavsstrømmen. Universitetet i Bergen har siden 1995 overvåket transporten i Svinøysnittet og dekker således den grenen som går inn i Norskehavet, mens Havforskningsinstituttet har siden 1997 målt transporten inn og ut av Barentshavet. Målingene i disse snittene har så langt vært utført som en del av ulike forskningsprosjekter, men strømmålingene i Barentshavet er fra 2012 finansiert over miljøovervåkingen ved Havforskningsinstituttet. Transporten inn og ut av Polhavet, i Framstredet langs 79°N, overvåkes også som en del av ulike prosjekter. Disse målingene startet i 1990. Ansvarlig er her Alfred Wegner Institutt i Bremerhaven i samarbeid med Norsk Polarinstitutt. I tillegg planlegger Havforskningsinstituttet og Norsk Polarinstitutt i felleskap om å sette ut strømmålere nordøst for Svalbard for å måle atlantisk vann som går inn i Polhavet.

Sjøis

Meteorologisk institutt har siden 1965 laget iskart over de norsk-arktiske områdene fra Øst-Grønland til Novaja Semlja. Produksjonshyppigheten av iskartene har opp gjennom tidene variert noe, men fra 1997 er det laget oppdaterte iskart for hver virkedag. Kartene som lages er basert på AVHRR-data fra NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, den amerikanske værtjenesten) satellittene og mikrobølgedata fra tilsvarende militære amerikanske satellitter (DMSP) samt visuelle observasjoner fra Bjørnøya, Hopen og Jan Mayen. Kartene er digitaliserte, og de inneholder informasjon om isutbredelse, istyper og overflatetemperatur av sjøen.

3.4.2 Miljøovervåking - biologiske parameter

Både i Norskehavet, Barentshavet og ved Svalbard pågår det innsamling av biologiske parameter, som vil kunne benyttes inn mot et klimaprogram. I dag er den meste av denne aktiviteten knyttet til andre problemstillinger. For dyreplankton, maneter og planteplankton gjennomføres overvåkingen i faste snitt og regionale deknings i regi av Havforskningsinstituttet i Norskehavet og Barentshavet. Det gjennomføres også overvåking av kommersielle arter, sjøpattedyr og sjøfugl. For bløtbunn og hardbunn er det noe mindre aktivitet. OLF gjennomfører noen undersøkelser, hvor man bør se på muligheten for å benytte deres referanse stasjoner. Havforskningsinstituttet og Akvaplan-NIVA gjennomfører undersøkelser av bløtbunnsamfunn i Barentshavet og vil kunne gå inn i et klimaprogram. MAREANO prosjektet vil gi viktig informasjon for sokkelområdene, som man vil kunne bygge videre på for repeterende undersøkelser. Det er i dag noe høyere aktivitet i Barentshavet enn Norskehavet, og mest sannsynlig vil det være behov for en satsing i Norskehavet. Det er i de dype områdene man i dag har minst kunnskap, mens man for

sokkelområdene i Norskehavet har en del biologisk kunnskap. For området rundt Svalbard pågår det en rekke nasjonale og internasjonale prosjekter som innhenter biologisk informasjon. Enkelte av disse vil være egnet for repeterende undersøkelser, men dette bør utredes på et senere tidspunkt. I Polhavet er det liten aktivitet i dag. Det planlegges ny aktivitet i dette området, men arbeidet med disse planene er fortsatt kommet for kort.

Både for Norskehavet og for Barentshavet vil det være hensiktsmessig å bygge videre på Forvaltningsplanarbeidet. En rekke av dagens aktiviteter ligger allerede inn i dette arbeidet og indikatorarbeidet inneholder en rekke biologiske parameter som vil være relevant for et klimaprogram. Dersom ny aktivitet må igangsettes bør denne bygge videre på det arbeidet som er gjort i Oug & Naustvoll (2008).

3.5 Tilgang til data

3.5.1 Internasjonale databaser

Hydrografiske data tatt med norske forskningsfartøy inngår hovedsakelig i mange andre databaser. Den største og meste kjente globale databasen er NOAA sin "World Ocean Database" (<http://www.nodc.noaa.gov/OC5/indprod.html>) der hydrografiske data kan lastes ned over internett. Data fra denne basen inngår også i NOAAs global klimatologi for havet ("World Ocean Atlas"). ICES (<http://www.ices.dk>) har også en stor database med hydrografiske data der data kan lastes ned. I tillegg har ICES databaser med biologiske data (som fangster av fisk etc.). Isdata kan lastes ned fra National Snow and Ice Data Center (<http://nsidc.org/>).

3.5.2 Havforskningsinstituttet

Norsk Marint Datasenter ved Havforskningsinstituttet samler kontinuerlig inn store datamengder fra alle norske havområder, også fra flere norske institusjoner. Data samles inn med fartøy, observasjonsbøyer, manuelle målinger, glidere med mer. Mye av dataene er fritt tilgjengelig over internett, også data i nær nåtid. Websiden www.imr.no/forskning/forskningsdata/nb-no har linker hvor mange forskjellige typer datasett kan nedlastes:

- Faste hydrografiske stasjoner langs norskekysten
- Operasjonelle temperatur og saltholdighetsdata fra våre forskningsfartøy og Argo-bøyer
- Temperatur- og saltholdighetsmålinger i Flødevigen
- Stasjon M: Temperatur og saltholdighet, strøm fra overflaten og helt til bunns pluss målinger av fluoressens (klorofyll-a), oksygen, pH og CO₂
- Temperatur, saltholdighet og fluoressens (klorofyll-a) langs kysten fra Termograftjenesten
- SJØMIL databasen gir tilgang til målinger over tid for blant annet temperatur, saltholdighet, fiskeriressurser, samt tidsserier om fiskeristatus fra Det internasjonale råd for havforskning (ICES).

I dag finnes mange viktige marine dataserier spredt hos de enkelte forskergruppene i Norge og det mangler et godt system for å utveksle marine data mellom forskningsinstitusjonene.

Norsk Marint Datasenter vil derfor oppgraderes i et samarbeid mellom 17 norske forskningsinstitusjoner med et nytt system for dokumentering, harmonisering, arkivering, lagring, gjenfinning og overføring av data. Hovedmålet er å lage en portal der alle brukere får tilgang til marine data som er samlet inn gjennom over hundre år av norske institusjoner. Prosjektet som starter opp i 2012, er finansiert av Norges Forskningsråd som en del av Nasjonal satsing på forskningsinfrastruktur og er ledet av Havforskningsinstituttet.

3.5.3 NIVA

NIVA leverer miljødata på nett fra aktive prosjekter og fra sine databaser, blant annet gjennom NIVAs egne måle- og presentasjonssystemer AquaMonitor og Ferrybox (www.niva.no/miljoedata-paa-nett). NIVA laster også ned data fra miljøovervåkings satellitten ENVISAT som blir behandlet og presentert sammen med måledata fra Ferrybox på rutegående skip.

3.5.4 Met.no

Meteorologisk institutt har et omfattende observasjonsnettverk på land og over sjøen, både langs kysten og på faste off-shore installasjoner, som kontinuerlig samler inn data. I tillegg blir alle data, både historiske og nåtid, tilgjengeliggjort gjennom deres web-portaler (www.yr.no, eklima.met.no, halo.met.no)

Tabell 1. Oversikt over relevante pågående aktiviteter for overvåking av havmiljø og biologiske parametre samt andre relevante parametre. Tabellen lister aktiviteter som gjennomføres etter fastlagt program og som flere års varighet.

Forklaring: T-temperatur, S-saltholdighet, N-Næringssalt, O₂-oksygen, Kl-klorofyll, Ppl-planteplankton, Zpl-dyreplankton, Ph – forsuringsparameter (inkl alkanitet og DIC), CO₂- karbondioksid, pCO₂-partialtrykk av CO₂, Trb-turbiditet. Frekvens angir antall dekninger pr. år såfremt ikke annet er oppgitt, *tidspunkt angir måned nummer for deknigen. Parametre med forskjellige oppstartsår er angitt med parentes eller klamme under kolonnene Oppstart og Parameter. ^F forlenget snitt vestover inn i Grønlandshavet. ^A oppstartstidspunkt med full parameterliste. For enkelte parametre eksisterer det data tilbake i tid. Tidligere har det vært gjennomført flere dekninger pr år i enkelte områder. HI: Havforskningsinstituttet, Klif: Klima og Forurensningsdirektoratet, NIVA: Norsk institutt for vannforskning, FKD: Fiskeri og Kyst Departementet, UiB: Univ. i Bergen, GFI: Geofysisk inst. (UiB), Bjerknos: Bjerknosenteret for klimaforskning, FVP: Forvaltningsplanen (Barentshavet, Norskehavet, Nordsjøen).

Aktivitet/program	Område	Parameter	Frekvens (*tidspunkt)	Oppstart	Ansvarlig	Utfører	Rapporteres til
Kyst							
Kystovervåkning - havmiljø	Kyststasjoner (Ingøy, Eggum, Skrova, Bud, Sognesjøen, indre og ytre Utsira, Lista)	T, S	20-40	1935-1942	FKD	HI	FVP, Klif
Kystovervåkning - havmiljø	Flødevigen	T, S	Daglig / minutt	1924 / 2009 (2009)	FKD	HI	Klif
Termosalinograf	Rutegående skip langs kysten (Stavanger-Kirkenes)	T, S	104	1936	HI, NIVA	HI, NIVA	Klif
Kystovervåkning - havmiljø	Arendal (st. 1 & 2)	T, S, N, O ₂ , Pm, Kl, Ppl, Zpl	12-14	1990	Klif	HI, NIVA	Klif
Kystovervåkning - havmiljø	De innerste stasjonene på de faste snittene langs kysten	T, S (N, Kl), Ppl, Zpl	4-12	Varies, de tidligste fra 1950	FKD	HI	Klif
Sildelarveundersøkelser	Norskekysten, Nord for 62°N	T, S, N, Kl, Zpl, larver	1 (4)	1981	FKD	HI	FKD
Økosystemtokt i kyst og fjord	Norskekysten, Nord for 62°N	T, S, fisk	1 (10)	1981	FKD	HI	FKD
Kystovervåkning - fjorder	Oslofjorden, Grenland, Risør, Kristiansand, Hidlefjorden	T, S, N, O ₂ , Ph, Kl	8-12	Varies, de tidligste fra 1995	FKD, Klif	HI, NIVA	Klif

Aktivitet/program	Område	Parameter	Frekvens (*tidspunkt)	Oppstart	Ansvarlig	Utfører	Rapporteres til
Hav							
Faste hydrografiske snitt	Torungen - Hirtshals	T, S, O ₂ (N, Kl, Ppl, [Zpl], {Ph})	10-12 (mnd)	1951(1980) [2005]{2009}	FKD	HI	FKD, FVP, ICES
Faste hydrografiske snitt	Oksøy - Hanstholm	T, S (N, Kl)	2-3 (4,6,11)	1970 (1980) slutt 2010	FKD	HI	FKD, FVP, ICES
Faste hydrografiske snitt	Utsira - Start point	T, S (N, Kl) [Ppl, Zpl]	4 (2,4,6,11)	1970 [2005]	FKD	HI	FKD, FVP, ICES
Faste hydrografiske snitt	Hanstholm - Aberdeen	T, S (N, Kl) [Ppl, Zpl]	3-4 (2,4,6,11)	1970 (1980) slutt 2010	FKD	HI	FKD, FVP, ICES
Faste hydrografiske snitt	Feie-Shetland	T, S (N, Kl)	4 (2,4,6,11)	1970 (1980) slutt 2010	FKD	HI	FKD, FVP, ICES
Regional dekning av havområder	Nord-vestlige del av Nordsjøen	T, S, N, Kl, Ppl, Zpl, fisk egg/larver	1 (4)	2005	FKD	HI	FKD, FVP, ICES
Regional dekning av havområder	Østlige del av Nordsjøen og Skagerrak	T, S, O ₂ , N, Kl, Ppl	1 (4)	1988	FKD	HI	FKD, FVP, ICES
"Ferry-Box"	Fergerutene Bergen-Amsterdam, Bergen-Hirtshals, Kiel-Oslo + flere	T, S, (pCO ₂ , Trb, Kl-a, pH)	52, 100-180, 365	2005, 2008, 2008	UiB/Bjerknes, NIVA, NIVA	UiB/Bjerknes, NIVA, NIVA	
Operative bøyer	Norrefeltet, Ekofisk, Ormen Lange, Karmøy, Jomfruland	T, S, strøm, bølger, vammstand	Varies, ~timer	Forskjellige oppstart, siste i 2006.	Statoil, Phillips, Hydro, Fobox, Kystverket, Petergaz	Statoil, Phillip, OCEANORHydro,Fobox, Kystverket, Petergaz	Ptil?
Arktis							
Faste snitt	Svinøy-nordvest	T, S (N, Kl, Zpl) [Ppl], {Ph}	5 (1,3,5,7,11)	1950 (1991)[2005] {2010}	FKD	HI	FKD, FVP, ICES
Faste snitt	Gimsøy-nordvest	T, S (N, Kl, Zpl) [Ppl], {Ph}	4-5 (1,3,5 ^F ,7,11)	1963 (1991) [2005] {2010}	FKD	HI	FKD, FVP, ICES
Faste snitt	Bjørnøya - vest	T, S (N, Kl), [Zpl], {Ph}	2-3 (3,5 ^F ,8)	1958 (ca 1995), [ca 1995] {2010}	FKD	HI	FKD, FVP, ICES

Aktivitet/program	Område	Parameter	Frekvens (*tidspunkt)	Oppstart	Ansvarlig	Utfører	Rapporteres til
Faste snitt	Sørkapp - vest	T, S	1 (8)	1978	FKD	HI	FKD, FVP, ICES
Faste snitt	Fugløya - Bjørnøya	T, S (N, KI), Zpl, [Ppl], {Ph}	6 (1,3,4,6,8,10)	1968 (1991) 1986 [2005] {2010}	FKD	HI	FKD, FVP, ICES
Faste snitt	Vardø-nord	T, S (N, KI, Zpl) [Ppl]	4 (1,3,6,8)	1953 (1978)1986 [2005]	FKD	HI	FKD, FVP, ICES
Faste snitt	Semøyene - nord	T, S	-	Ikke observert etter 1998	FKD	HI	FKD, FVP, ICES
Regional dekning av havområder	Norskehavet	T, S, N, KI, Ppl, Zpl, fisk	1 (5)	1993 ^a	FKD	HI	FKD, FVP, ICES
Regional dekning av havområder	Barentshavet	T, S, fisk (N, KI, Ppl, Zpl)	1 (2-3)	1991 ^a	FKD	HI	FKD, FVP, ICES
Regional dekning av havområder	Barentshavet	T, S, N, KI, Ppl, Zpl, fisk	1 (8-9)	1991 ^a	FKD	HI	FKD, FVP, ICES
Stasjon M - Norskehavet	Fast stasjon i Norskehavet (66N, 2E). Værskip erstattet med bøye i 2011.	T, S (N, KI) / T, T, S, KI, O ₂ , CO ₂	365 / per time	1948 (1990) / 2011	GFI (HI) / HI	GFI (HI) / HI	FKD, FVP, ICES, NFR
Argo bøyer	De nordiske hav	T, S (O ₂ , KI-a)	36-72	2002	Argo programmet	HI + andre Argo deltakere	Argo-program, FKD, ICES
Ferrybox	Fergeruten Tromsø- Longyearbyen	T, S, N, KI-a	52	2008	NIVA	NIVA	?

Tabell 2. Oversikt over relevante pågående aktiviteter for overvåking av volumtransport/strømførhold. Se tabell 1 for detaljert forklaring av tabell. NPI: Norsk polarinstitutt, AWI: Alfred Wegner Institute (Tyskland).

Aktivitet/program	Område	Parameter	Frekvens (*tidspunkt)	Oppstart	Ansvarlig	Utfører	Rapporteres til
Kyst							
Modellert transport av norsk kystvann	Skagerrak (utenfor Torungen)	Strøm/volumtransport	365 / 12	Tidsserie fra 1985	HI	HI	FVP
Hav							
Modellert transport av atlantisk vann	Mellom Orknøyene og Utsira	Strøm/volumtransport	365 / 12	Tidsserie fra 1985	HI	HI	FKD, FVP, ICES
Arktis							
Transport av atlantisk vann	Svinøysnittet	Strøm/volumtransport, T, S	365	1995	GFI	GFI	FKD, FVP, ICES
Transport av atlantisk vann	Fugløya-Bjørnøysnittet	Strøm/volumtransport, T, S	365	1997	HI	HI	FKD, FVP, ICES
Transport av atlantisk vann	Framstredet (79°N)	Strøm/volumtransport, T, S	365	1990	NPI, AWI	NPI, AWI	?

Tabell 3. Oversikt over relevante pågående aktiviteter for overvåking av sjøis. . Se tabell 1 for detaljert forklaring av tabell.

Aktivitet/program	Område	Parameter	Frekvens	Oppstart	Ansvarlig	Utfører	Rapporteres til
			(*tidspunkt)				
Arktis							
Iskartlegging	Norsk-arktisk område mellom Øst-Grønland til Novaja Semlja	Isutbredelse, istype, overflate-temperatur	Daglig fra 1997	1965 / 1997	Met.no	Met.no	?

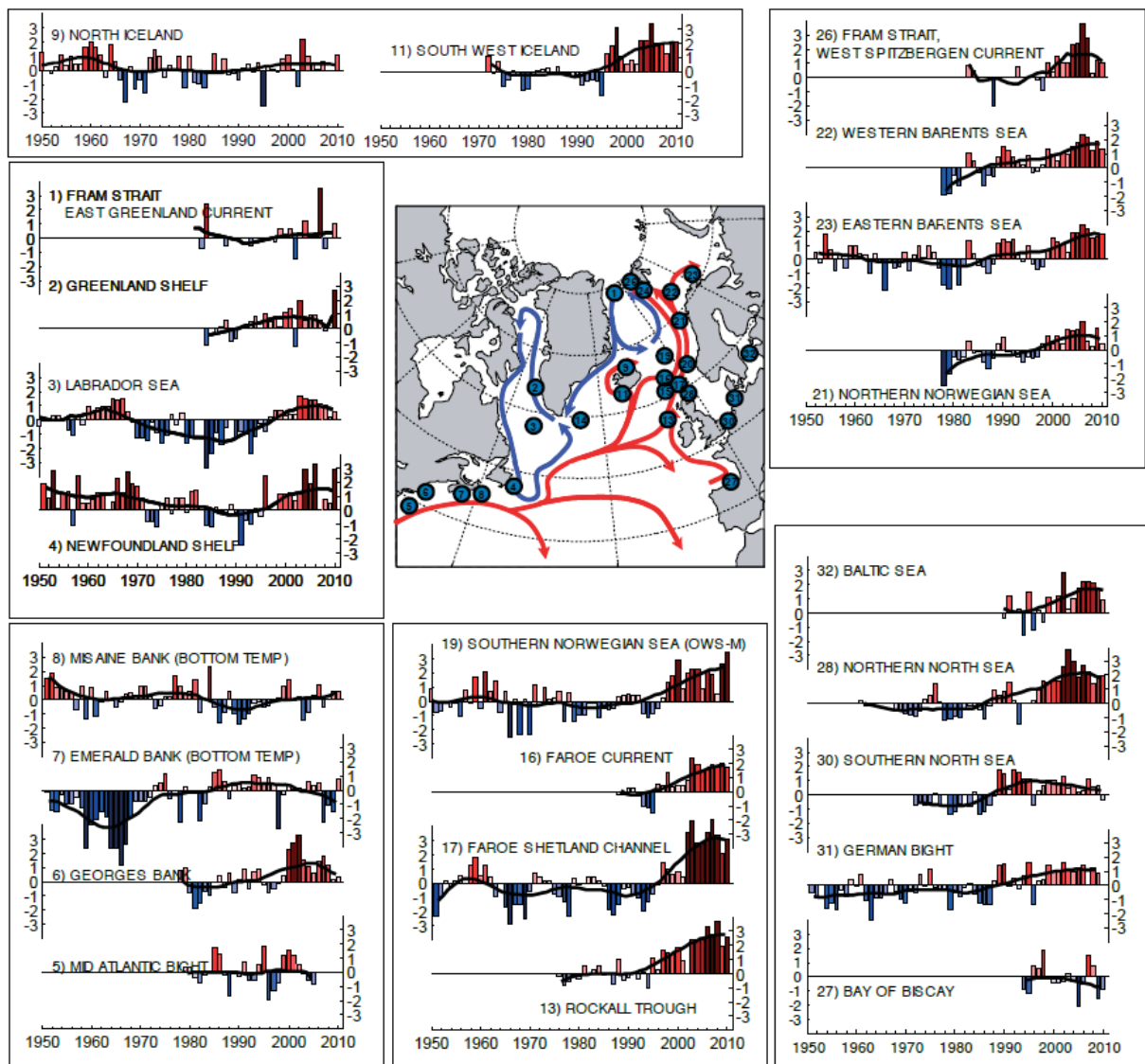
Tabell 4. Oversikt over andre lands relevante pågående aktiviteter for overvåking. . Se tabell 1 for detaljert forklaring av tabell. SMHI: Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. IOPAN: Institute of Oceanology of the Polish Academy of Sciences. BSH: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (Tyskland).

Aktivitet/program	Område	Parameter	Frekvens	Oppstart	Ansvarlig	Utfører	Rapporteres til
			(*tidspunkt)				
Hav							
Faste svenske hydrografiske stasjoner	Skagerrak, Østersjøen og Kattegat	T, S, O ₂ , N	1-12	?	SMHI	SMHI	ICES
Dansk regional dekning	Nordsjøen og Skagerrak	T, S, ?	1-4	?	?	?	ICES
Tysk regional dekning	Nordsjøen (52°-60° N)	T, S, O ₂ , N, Kl- <i>a</i>	1 (7-8)	1998	BSH	BSH	ICES
Havnivå fra satellitt	Globalt	Havnivå, strøm	52	1992	NASA/AVISO	NASA/AVISO	?
Overflatetemperatur	Globalt	T	12-365	~1860	?	?	?
Arktis							
Polsk regional dekning	Nordlige Norskehavet	T, S, strøm	1 (7)	2000	IOPAN	IOPAN	ICES
Havnivå fra satellitt	Globalt	Havnivå, strøm	52	1992	NASA/AVISO	NASA/AVISO	?
Overflatetemperatur	Globalt	T	12-365	~1860	?	?	?

4 Tidsserier og trender

For å kunne lage en tilstandsvurdering må vi ha kunnskaper om hva middeltilstanden er. Ut fra denne tilstanden kan vi se hvilken retning de fysiske forhold utvikler seg. I denne seksjonen vil noen av resultatene fra de lange tidsseriene oppsummeres for de enkelte havområdene (trender og variabilitet), samt eksempler på hvordan endringene påvirker det biologiske mangfoldet i kyst, hav og Arktis.

ICES arbeidsgruppe for oseanisk hydrografi lager hvert år "ICES Report on Ocean Climate" (IROC) der hydrografiske tidsserier rundt Nord Atlanteren settes sammen og oppsummeres. Der rapporteres blant annet hydrografiske tidsserier fra stasjonene «A» og «B» på Utsira-snittet Nordsjøen; Svinøy, Gimsøy og Sørkapp i Norskehavet; samt Fugløya-Bjørnøya i Barentshavet. IROC rapporten viser blant annet tidsutviklingen av temperatur for flere av lokalitetene rundt Nord Atlanteren der noen dataserier går tilbake til 1950 (Figur 11).

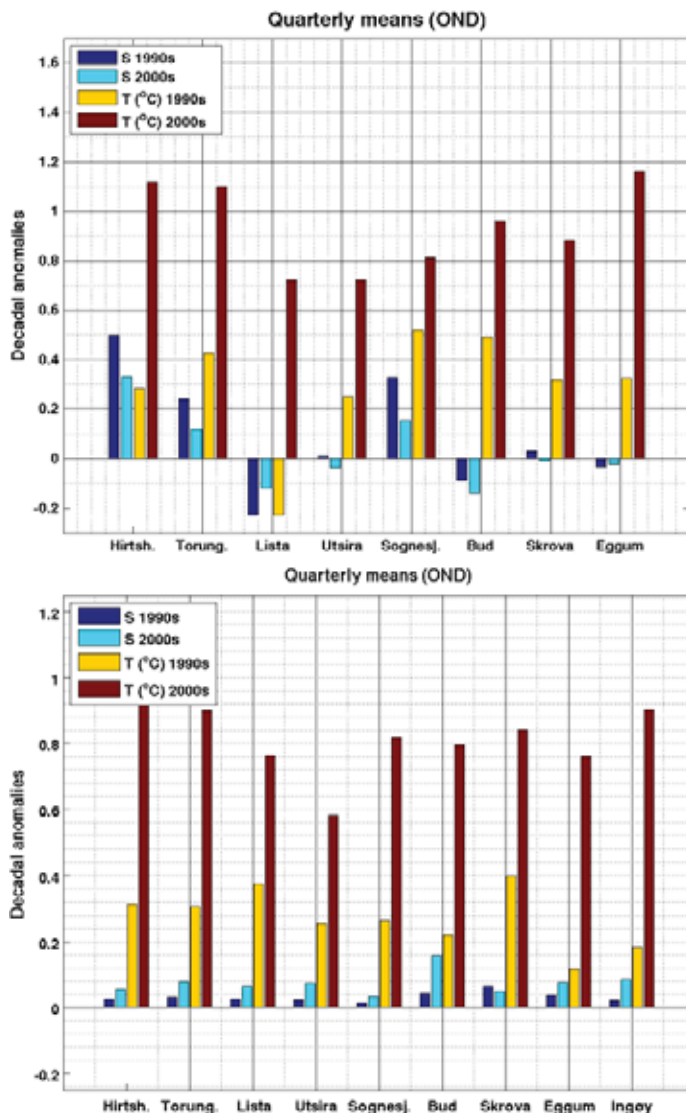


Figur 11. Temperaturanomaliene i øvre lag for utvalgte steder i Nord-Atlanteren. Anomaliene er normaliserte verdier (dvs. antall standardavvik fra middelværdien). Fra Hughes m.fl. (2011).

Det er registrert relativ stor temperaturøkning fra rundt 1990 i de fleste lokalitetene rundt Nord Atlanteren (Figur 11). Imidlertid så har temperaturen gått litt ned de siste årene i mange av dataseriene. Rapporten har også tilsvarende figur for saltholdighet og alle dataseriene brukt i rapporten er beskrevet.

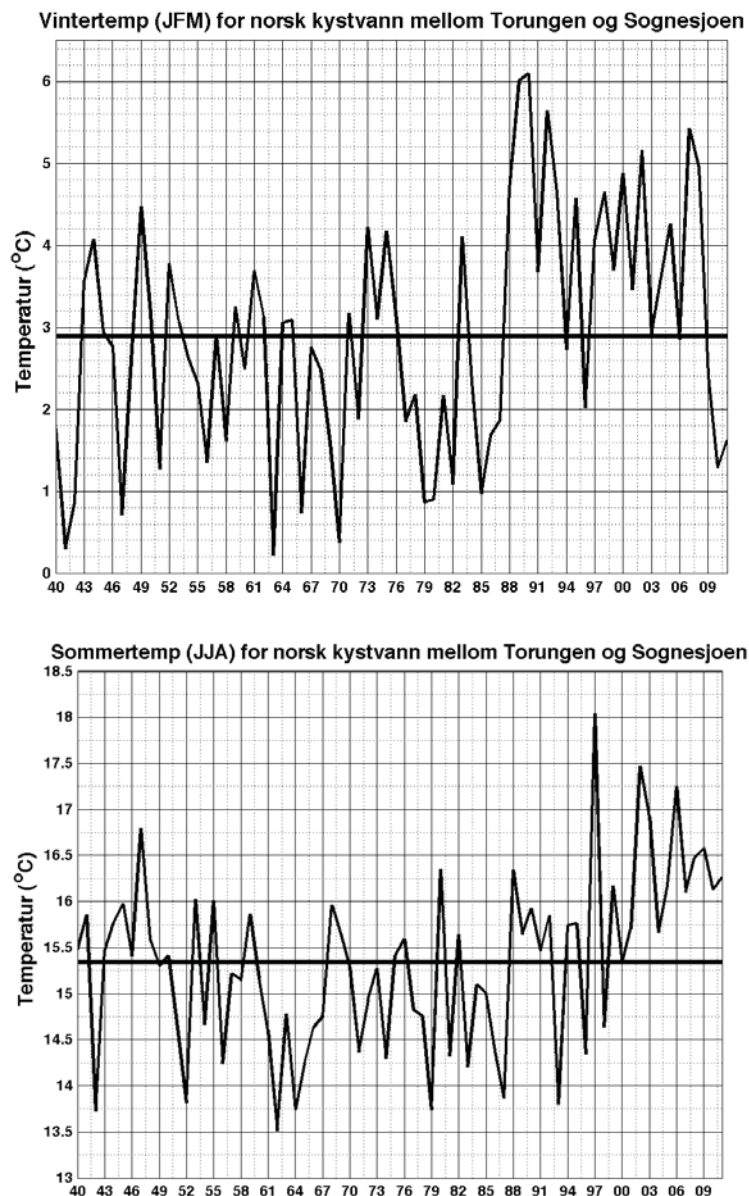
4.1 Kyst

Målinger av temperatur og saltholdighet fra Havforskningsinstituttets sine faste kyststasjoner og nær-kyststasjonene mellom Torungen og Hirtshals er brukt for å beskrive dekaderevariasjonene i klima fra 1950-tallet og tom. 2009 for både overflatevann og dypvann (Figur 12, og Albretsen m.fl. 2011a). Dypvannet representerer for det meste atlantehavsvann. Temperaturøkningen er tydelig på 1990-tallet i forhold til referanseperioden (1961-90), men det siste tiåret viser en enda mer markert oppvarming. Selv om oppvarmingen i 2000-09 ligger på rundt 1°C både for overflatevannet og dypvannet, er økningen betraktelig mer unik for dypvannet ettersom dette har en vesentlig mindre variabilitet enn overflatevann.



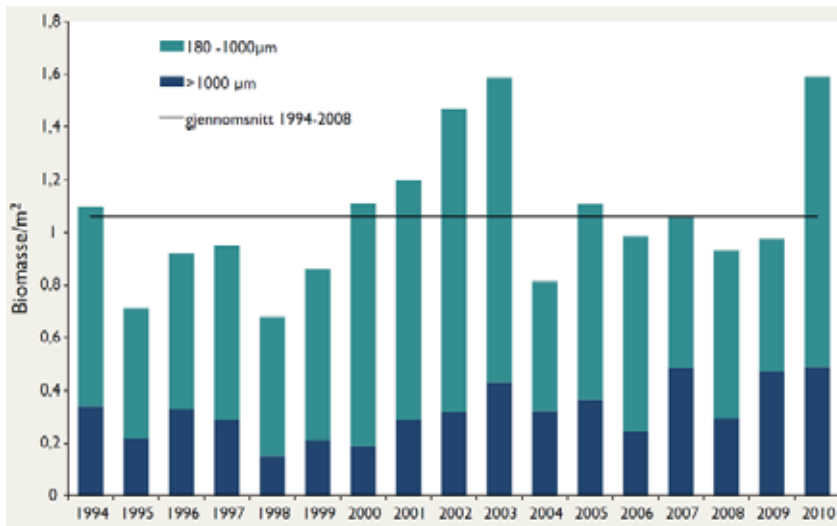
Figur 12. Relativ endring i saltholdighet og temperatur (°C) for lokasjoner i Skagerrak og langs norskekysten. Målingene er samlet innenfor kvartaler (4. kvartal, dvs. okt-des er vist her) og videre midlet innenfor dekaner. Anomaliene er beregnet med utgangspunkt i 1961-90 som referanseperiode. Figuren øverst viser anomalier for overflatevann (10m), mens figuren nederst viser anomaliene for dypvannet (200m). Blå søyler viser endringer i saltholdighet mellom 1990-tallet (mørkeblå), 2000-09 (lyseblå) og referanseperioden. Gule søyler viser endring i temperatur mellom 1990-tallet og 1961-90, mens røde søyler viser økningen det siste tiåret. (Fra Albretsen m.fl. 2011a).

I forbindelse med indikatorrapporten for forvaltningsplan Nordsjøen, er temperaturen i kystvannet mellom Torungen og Sognesjøen foreslått som parameter. Temperaturen er da aggregert mellom målinger i de øvre 20m fra kystnære stasjoner i transektet Torungen-Hirtshals og faste stasjoner ved Flødevigen, Lista, Ytre Utsira og Sognesjøen. Figur 13 viser hvordan vinter- og sommertemperaturen har variert fra 1940 og tom. 2011. Spesielt for vintertemperaturen er det er klart hopp i verdiene på slutten av 1980-tallet. De varmeste vintrene og somrene er over-representert gjennom de siste to tiårene.



Figur 13. Vinter- (øvre figur) og sommertemperatur (nedre figur) for norsk kystvann mellom Torungen og Sognesjøen basert på målinger fra de øvre 20m fra transektet Torungen-Hirtshals og de faste målestasjonene ved Flødevigen, Lista, Utsira og Sognesjøen.

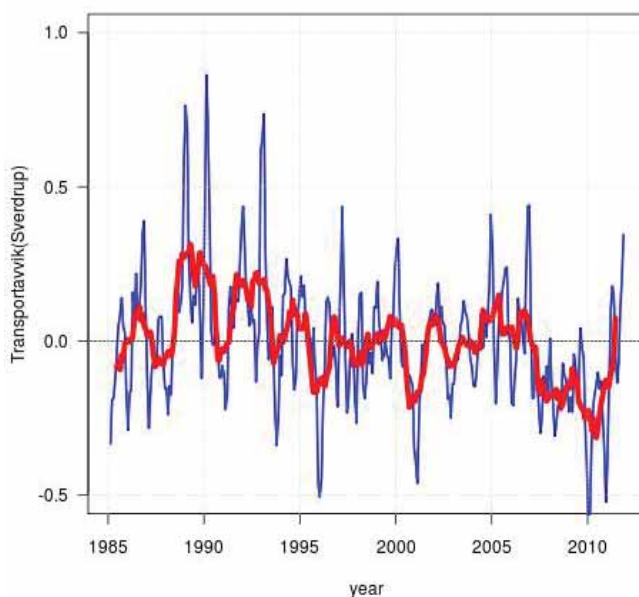
Årlig gjennomsnitt av dyreplanktonbiomassen ved Skagerrakkysten varierte fra 0,6 til 1,6 g m⁻² i perioden 1994-2010 (Figur 14). Siden 70 prosent av vannmassene i Nordsjøen strømmer innom Skagerrak og ut av Nordsjøen som en del av kyststrømmen vil disse observasjonene avspeile forholdene og endringen i resten av Nordsjøen. Observasjonene viste en økende trend i perioden 1999-2003 fulgt av en nedgang deretter.



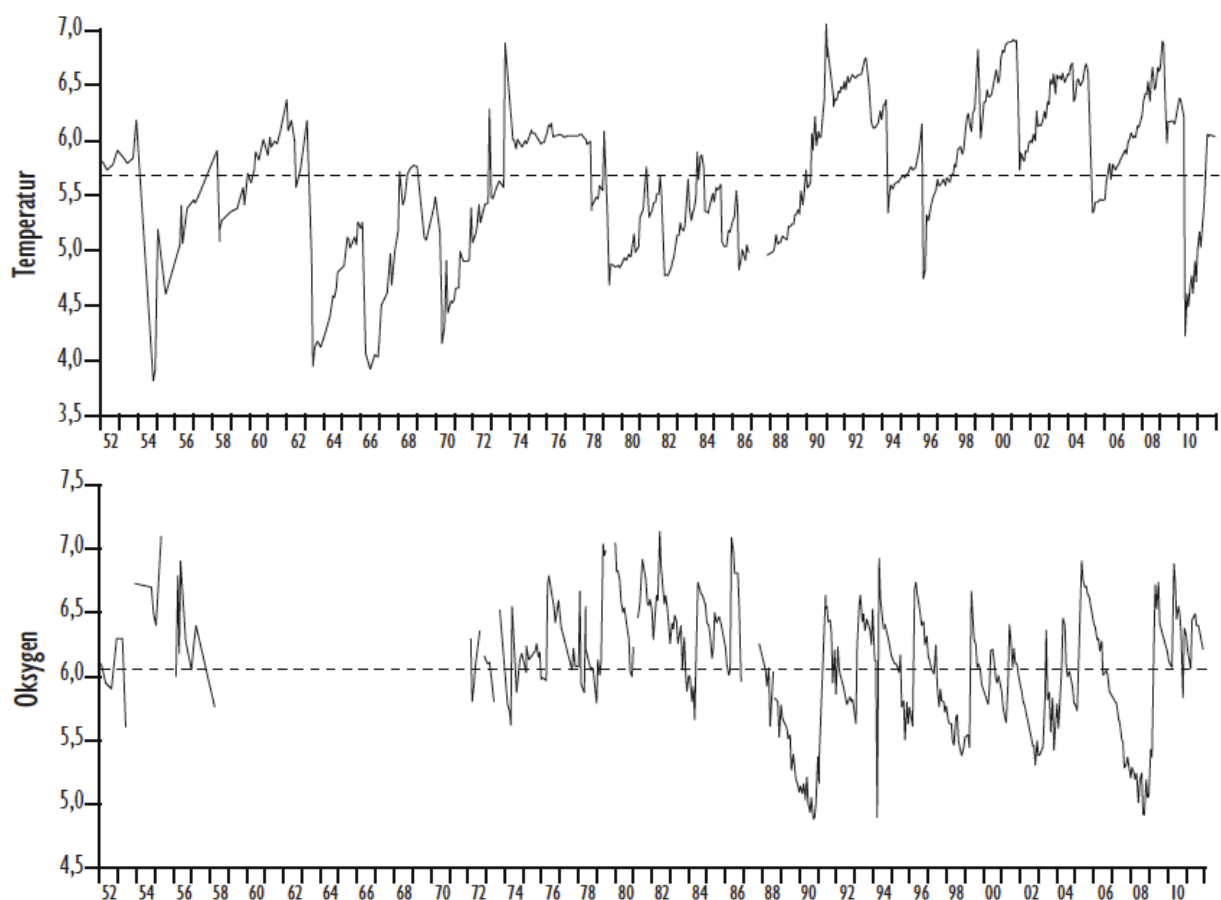
Figur 14. Dyrplankton-biomasse ved Skagerrak-kysten utenfor Arendal som gjennomsnittlig gram tørrvekt/m² i de øvre 50 m fordelt på to størrelsesfraksjoner, 180-1000 µm og >1000 µm. Fra Havforskningsrapporten 2011 (Agnalt m.fl., 2011).

4.2 Hav

Innstrømningen av atlantehavsvann og de fysiske forholdene i bunnvannet i Skagerrak er eksempler på forhold som har vært overvåket i lengre tid og rapportert fra Havforskningsinstituttet i mange sammenhenger. Mens transporten av atlantehavsvann er estimert fra en numerisk havmodell, så kan temperatur- og oksygenverdiene nederst i Norskerenna i Skagerrak hentes ut fra transektet mellom Torungen og Hirtshals. Figur 15 viser tidsutviklingen til innstrømningen av atlantehavsvann til Nordsjøen/Skagerrak vest for Utsira som avvik fra langtidsmiddelet, og der er en klar sammenheng mot NAO-indeksen (Figur 3). Når det gjelder bunnvannet i Skagerrak, så har temperaturen vært jevnt høyere etter 1990 (Figur 16). De siste to tiårene har utskiftningen av bunnvannet stort sett skjedd ved at tyngre atlantehavsvann har fylt opp Norskerenna. Unntaket var vinteren 2010 da avkjølt nordsjøvann sank ned og senket temperaturen med ca. 2 °C, og til den laveste verdien registrert siden 1970. Utskiftingsfrekvensen kan man se ved at oksygeninnholdet øker raskt.

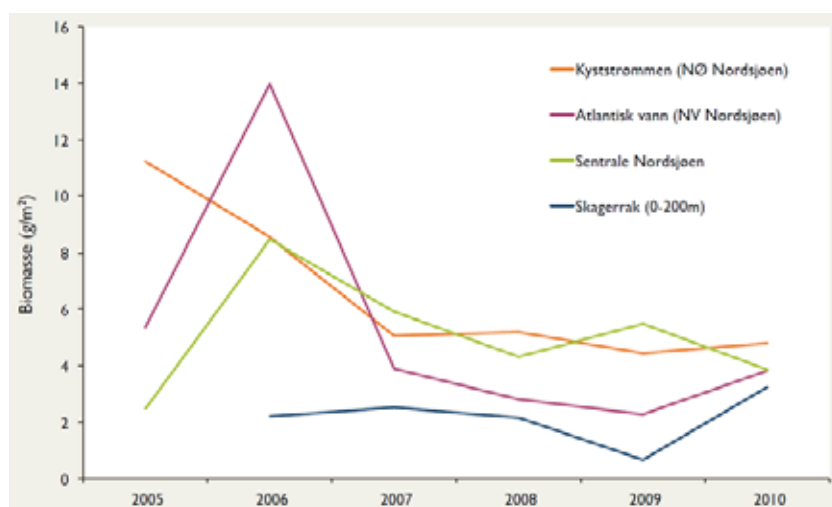


Figur 15. Modellert avvik i transporten inn i Nordsjøen gjennom snittet Orkenøyene-Utsira. Transporten er gitt i Sverdrup (1Sv = 1 million m³/s). Tre måneders (blå linje) og 12 måneders (rød linje) glidende middel er vist.



Figur 16. Temperatur og oksygen på 600 meters dyp i Skagerrakbassenget for årene 1952-2011.

Gjennomsnittlig biomasse for de ulike områdene av Nordsjøen i perioden 2005–2010 er vist i Figur 17. I april er dyreplanktonmengdene (biomasse) vanligvis høyest i kyststrømmen (over Norskerenna) og over det grunne nordsjøplatået (sentrale Nordsjøen). I 2010 var mengdene noe høyere sammenlignet med året før, med unntak fra kyststrømmen. Imidlertid inneholder dataserien for få år til at vi kan konkludere med en trend.

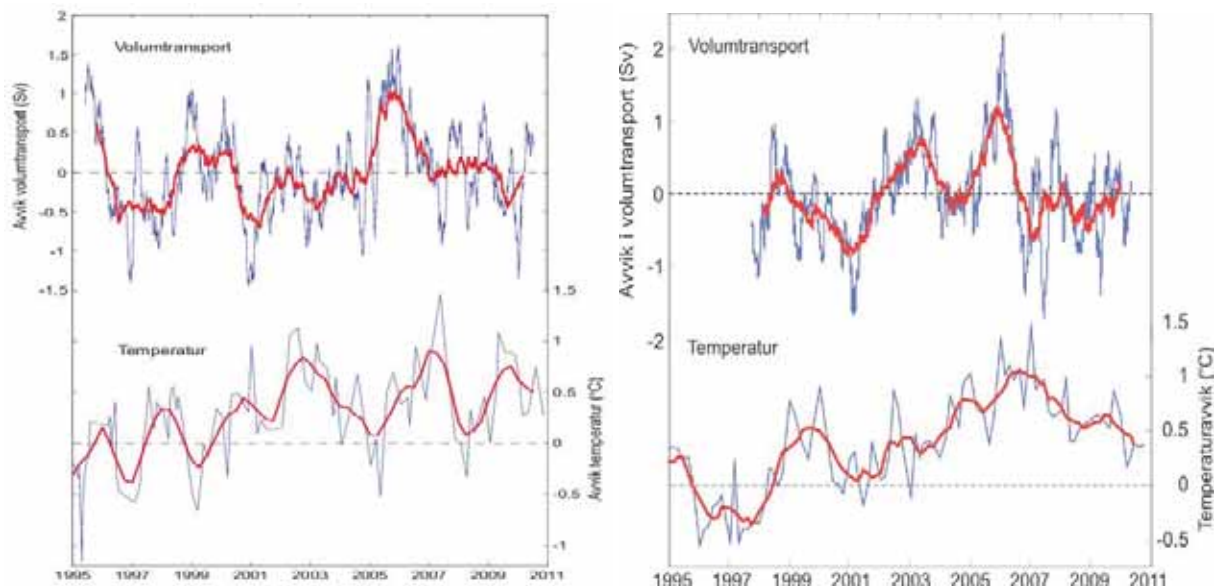


Figur 17. Dyreplankton-biomasse (g tørrvekt/m²) i ulike områder av Nordsjøen i april 2005–2010. I 2006 ble prøvetakingen gjennomført i mai. Fra Havforskningsrapporten 2011 (Agnalt m.fl., 2011).

I løpet av de siste 20 årene har man observert en rekke endringer i både mengde og artssammensetning av dyreplankton i Nordsjøen, blant annet en gradvis økning i forekomst og utbredelse av sørlige, varmekjære arter.

4.3 Arktis

For både Svinøy og Fugløya-Bjørnøy er det tidsserier for temperatur, saltholdighet og volumtransport der blant annet første og sistnevnte dataserie inngår som indikatorer for Forvaltningsplanene til Norske- og Barentshavet. Tidsseriene for temperatur og volumtransport varierer nødvendigvis ikke i takt. Temperaturen har hatt en trend de siste 15 årene med maksimum rundt 2006-2007, og etter det har temperaturen avtatt noe (Figur 18). Volumtransportene derimot har ikke hatt noen trend i samme periode men har i stedet svingt rundt langtidsmidlene. Selv om volumtransporten ikke har steget kan imidlertid en temperaturøkning føre til økt varmetransport av atlantisk vann inn i Norske- og Barentshavet og Polhavet.

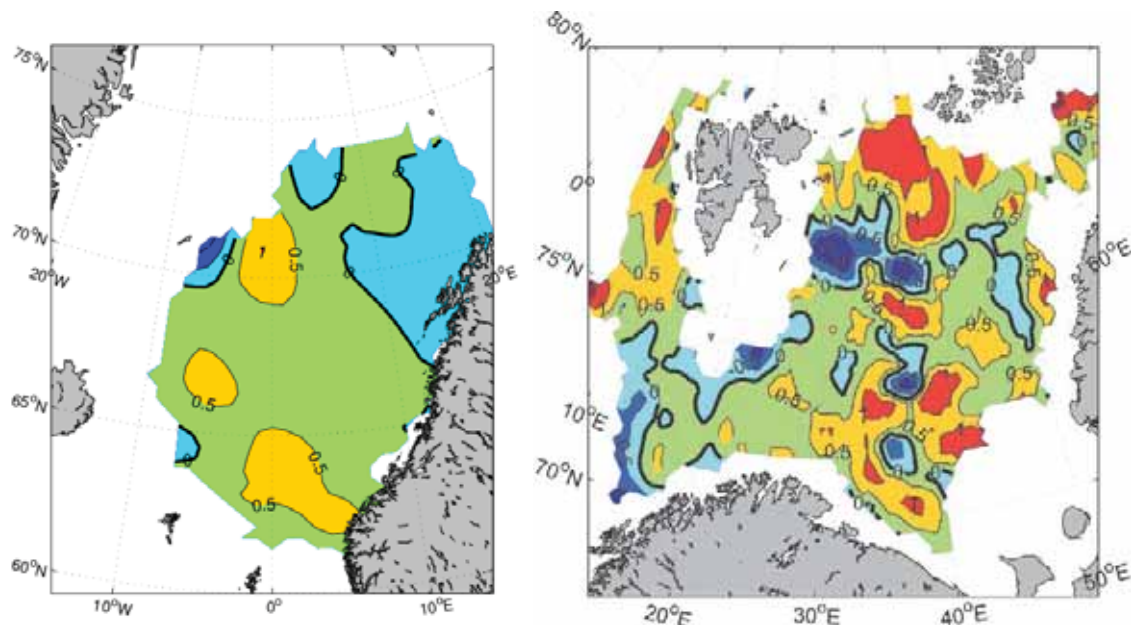


Figur 18. Endring i temperatur og volumtransport gjennom Svinøy (venstre figur) og Fugløya-Bjørnøya (høyre figur) snittet. Fra Havforskningsrapporten 2011 (Agnalt m.fl., 2011).

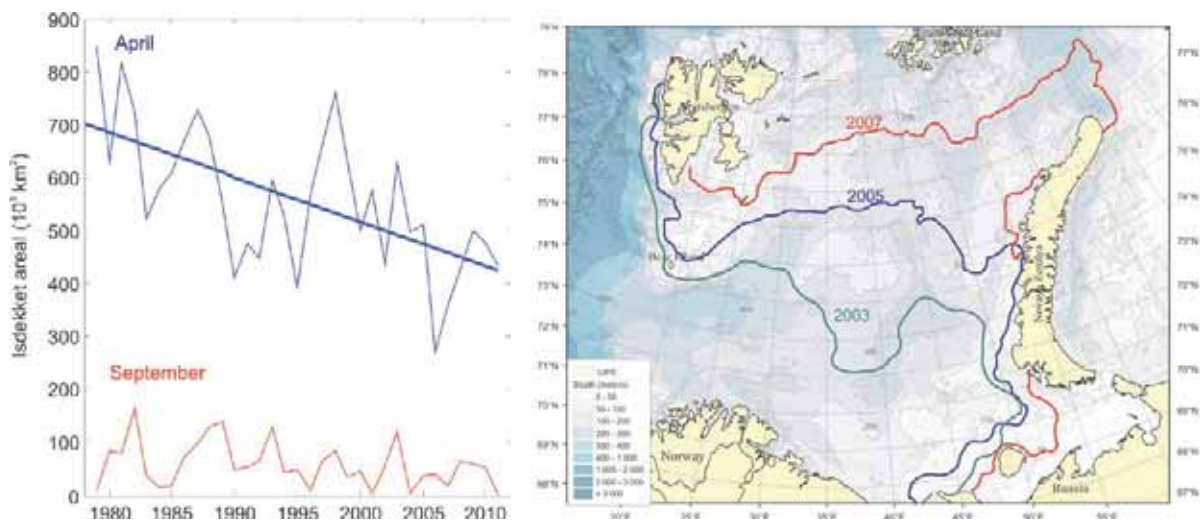
De regionale områdedekningene gir et bilde av utbredelsen av vannmasser etc. Når områdedekningene er gjennomført regelmessig over flere år kan man beregne avvik fra et middel over årene dekingen er gjennomført. Figur 19 viser avvik i temperatur i 100 m dyp for Norskehavet og Barentshavet for henholdsvis mai og august når områdedekningen ble gjennomført.

Isdekket i Barentshavet har stor sesongmessig variasjon. Det er vanligvis mest is sent på vinteren (i april) og minst is sent på sommeren (i september). Det er imidlertid også store mellomårslige variasjoner og langtidstrender i isdekket. Høy temperatur på det innstrømmende atlantehavsvannet fører vanligvis til store, isfrie områder i Barentshavet, og i de siste 40 årene har det vært en generell nedadgående trend i isdekket, spesielt om vinteren (Figur 20).

2007 var et år med minimum isdekke for april siden tidsserien startet. Figur 20 viser eksempel på de store mellomårslige endringene i isutbredelse for årene 2003, 2005 og 2007.

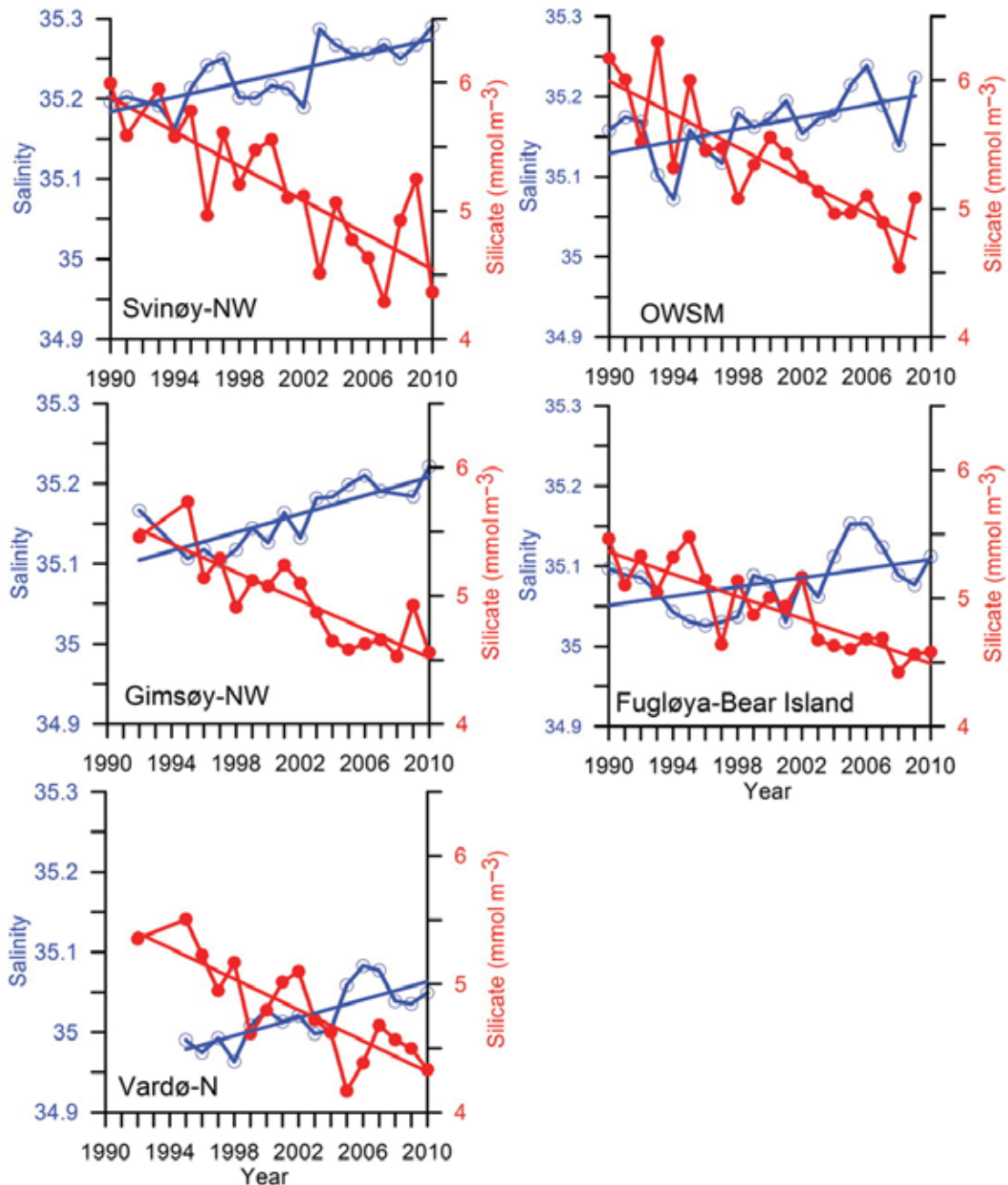


Figur 19. Temperaturavvik i 100 m dyp for Norskehavet i mai (venstre figur) og for Barentshavet i august–september (høyre figur) 2010 i forhold til langtidsmidlene, henholdsvis 1995-2010 og 1970-2009. Fra Havforskningsrapporten 2011 (Agnalt m.fl., 2011).



Figur 20. Venstre figur: Isdekket areal i Barentshavet ved maksimum (april) og minimum (september) isutbredelse. Høyre figur: Isutbredelse i mars/april 2003, 2005 and 2007.

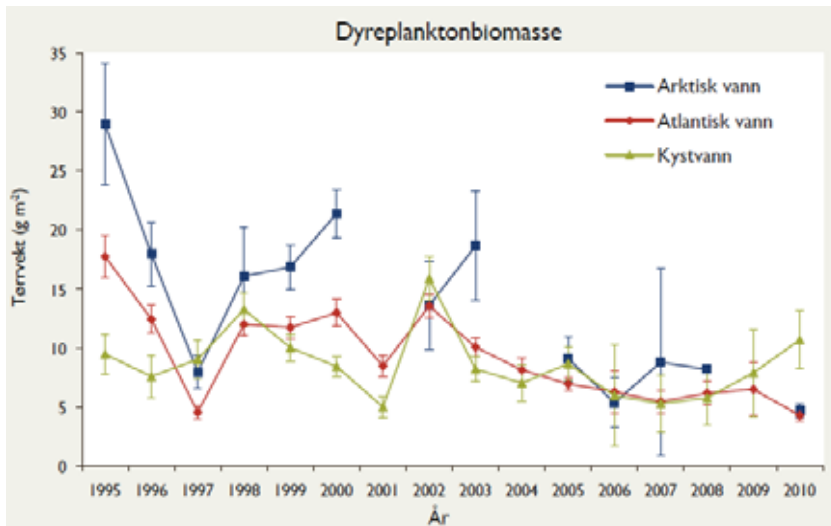
Siden 1990 har det vært observert en nedgang i silikatkonsentrasjonene samtidig som saltholdigheten har økt i det atlantiske vannet for både Norskehavet og Barentshavet (Figur 21; Rey, 2012). Denne nedgangen i silikat skyldes endringer i havsirkulasjonen i nordlige Atlanterhavet som har medført at det innstrømmende atlantiske vannet fra Nordatlanteren til Norskehavet inneholder i større grad atlantehavsvann fra østlige Atlanterhavet som har andre fysiske og kjemiske egenskaper enn atlantehavsvann fra vestlige Atlanterhavet.



Figur 21. Tidsserie av saltholdighet (blå punkter) og silikat (rød punkter) ved forskjellige hydrografiske snitt i Norske- og Barentshavet. Lokalitetene til snittene er vist i Figur 7. Fra Rey (2012).

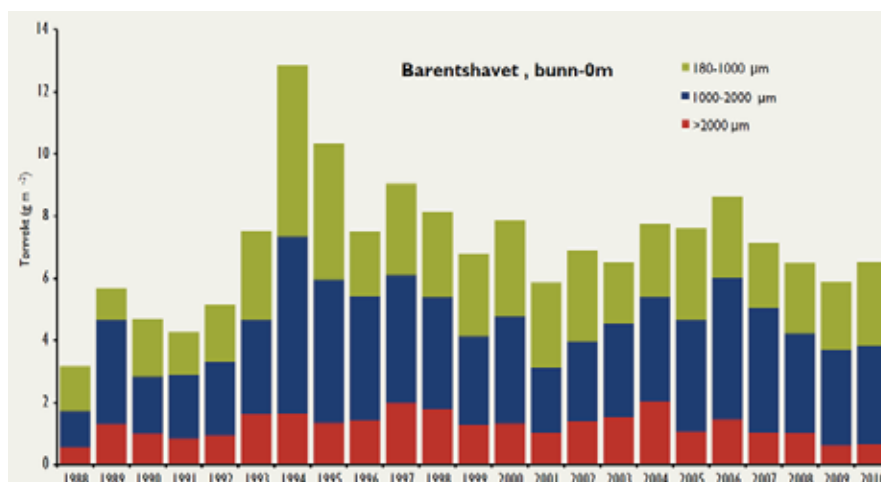
Siden produksjonsforholdene til dyreplankton er svært forskjellige i ulike vannmasser har det vært vanlig å dele Norskehavet inn i tre vannmasser (atlantisk, arktisk og kystvann), basert på temperatur og saltholdighet, når mengden av dyreplankton presenteres. Dyreplanktonmengdene i arktisk og atlantisk vann synes å ha det samme endringsmønsteret (Figur 22). Den totale mengden av dyreplankton har gått ned i Norskehavet i perioden fra 1995 til 2010. Nedgangen kan skyldes at fysiske forhold og derav planteplanktonproduksjonen har endret seg eller at store bestander av pelagiske fisk har beitet så kraftig på dyreplanktonet at det har gått utover bestanden. Det kan også være en kombinasjon av begge faktorene.

I senere år har det sporadisk blitt observert mer sørlige og varmekjære planktonorganismer sør i Norskehavet men også lenger nord langs kysten. Dette kan skyldes temperaturøkning eller økt vanntransport sørfra. Forekomsten av nordsjøformen *Calanus helgolandicus* fortsetter å øke i østlige deler av Norskehavet, noe som er observert på de innerste stasjonene av Svinøysnittet.



Figur 22. Dyreplanktonbiomasse (g tørrvekt/M²) i ulike vannmasser i Norskehavet i mai 1995-2010. Fra Havforskningsrapporten 2010 (Gjøsæter m.fl., 2010).

I Barentshavet har bestanden av dyreplankton vært ganske stabil selv med et relativt høyt beitepress fra lodden (Figur 23). Dette kan skyldes økt temperatur som gir bedre vekstforhold for dyreplankton og økt produksjon. Som i Norskehavet har raudåta (*Calanus Finnmarcticus*) en nøkkelrolle i Barentshavet. Om nedgangen i raudåta i Norskehavet påvirker det som skjer i Barentshavet er derimot vanskelig å fastslå direkte.



Figur 23. Fordeling av dyreplankton tørrvekt (g/m²) av forskjellige størrelser i Barentshavet 1988-2010. Data er basert på WP2-håv tatt fra bunn til overflate. Fra Havforskningsrapporten 2011 (Agnalt m.fl., 2011).

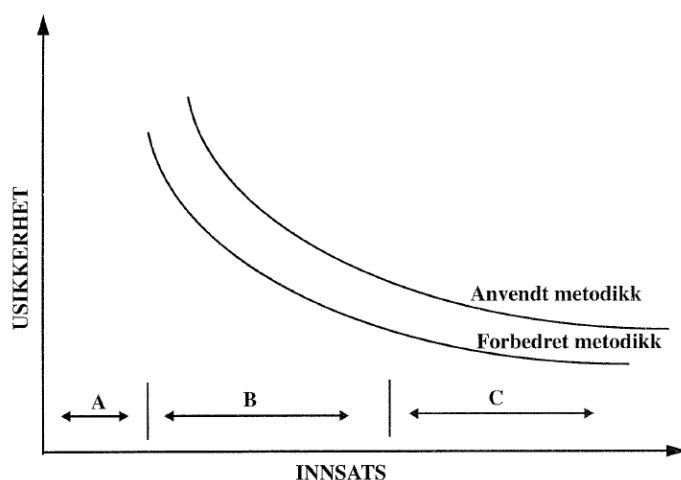
5 Overvåkningsparametre og metodikk

5.1 Metodikk

Overvåkingen av de fysiske forholdene har ofte blitt initiert ut fra behov i øyeblikket, litt tilfeldig og ikke alltid ut fra langsiktige behov. Starttidspunktet for de ulike tidsseriene varierer der den første fasen ofte ble dekket svært uregelmessig, men etter hvert ble det regelmessige dekninger. I dag er mye av prøvetakningen rettet inn mot spørsmål knyttet til klima, eutrofiering, vanntransport og produksjon på lavere trofisk nivåer (planteplankton og dyreplankton). Dataene benyttes hovedsakelig for dokumentering av endringer over tid (trendanalyser) som skyldes menneskelig aktivitet eller naturlige prosesser og til validering og utvikling av modell verktøy.

Selv om formålet med dagens observasjoner har endret seg betydelig med årene, har lokaliseringen, frekvens og tidspunkt for dekingen ofte i liten grad endret seg. Det er åpenbart at dersom man kun er interessert i å overvåke mellomårlige svingninger i havklimaet kan man klare seg med en forholdsvis lav målefrekvens. Men siden havklimaet om sommeren eller om høsten ikke nødvendigvis er representativt for året som helhet, og siden også korttidsvariasjoner kan være betydelige, kreves flere målinger i året for å få et representativt mål for årets havklima. I områder med større korttidsvariabilitet øker kravet til målehyppighet. Det gjelder i særlig grad randområder med høy dynamikk som i innløpet til Barentshavet og i Skagerrak. Når det gjelder de kjemiske og biotiske variablene, spesielt planteplankton og dyreplankton, står vi overfor særlige utfordringer i alle områder, fordi vi her har både store sesongmessige svingninger og en betydelig større romlig variabilitet ("patchiness") enn når det gjelder hydrografi. Som typiske økosystemer med store våroppblomstringer, er dessuten norske fiskeriområder karakterisert med en sesongmessig kort og intens planktonproduksjon hvor selv mindre tidsvariasjoner kan ha stor betydning for økosystemets produksjon i form av årsklassestyrke for fisk ("match-mismatch").

Generelt vil kvaliteten av resultatene være avhengig av hvor ofte det måles – dvs. at feilen reduseres når antallet observasjoner økes. Det er i midlertidig ulike krav til opparbeidingsgrad, geografisk dekning, antall stasjoner og frekvens avhengig av de forskjellige problemstillingene, måleparameter og området kompleksitet. Eksempelvis vil en eller noen få ganger i året være nok til å se på endringene i dyphavet men det stilles derimot store krav til nøyaktigheten til observasjonene. Til sammenligning må det måles vesentlige oftere for å kunne fange opp variabiliteten i kystvannet men kravene til nøyaktighet kan her ofte være mindre. Der hvor innsatsen allerede er stor vil økt innsats gi liten gevinst men forbedret metodikk kan ytterligere redusere usikkerheten (Figur 25). Over tid har også målemetodikken endret seg med mer avanserte måleinstrumenter noe man må ta i betraktning når dagens overvåking skal evalueres. I tillegg medfører klimaendringene nye utfordringer. For eksempel blir større havområder isfrie og åpen for beiteareal til fisk, nordover forflytning av varmekjære planktonarter, introduksjon av nye planktonarter, etc. Denne typen endringer medfører at man må vurdere overvåkningsaktiviteten, dekningsområder, parametre og frekvens for å kunne følge dem opp.



Figur 24. Sammenheng mellom usikkerhet (feil) og innsats. A: Område hvor innsatsen er for liten til å gi mål for presisjon eller feil, B: Område hvor presisjon øker raskt (feilen minker) med økende innsats, C: Område hvor en må/bør vurdere metodikk dersom bedre presisjon skal oppnås. Fra Ottersen mfl (1998).

Overordnede problemstillinger

I "Rapport fra Snittutvalg" (Iversen mfl., 2011) ble det definert en del sentrale overordnede problemstillinger som er relevante for overvåkingene på de faste snittene. Alt etter problemstilling stilles det ulike krav til opparbeidingsgrad, geografisk dekning, antall stasjoner og frekvens for å kunne avdekke endringer eller fastsette status på ulik tidsskala som årsvariasjon, sesongvariasjon, mellomårsvariasjon og langtidsvariasjoner. Tabell 5 gir en oversikt over overordnede problemstillinger i dag og tema som vil kunne bli sentrale i årene som kommer.

Tabell 5. Oversikt over sentrale overordnede problemstillinger (fra Iversen mfl., 2011).

Nordsjøen	Norskehavet	Barentshavet	Kyst
Klimaendringer	Klimaendringer	Klimaendringer	Klimaendringer
	Utbredelse av vannmasser	Utbredelse av vannmasser	Utbredelse av vannmasser
Vanntransport			
Vannutskiftning			
Blandingslag	Blandingslag	Blandingslag	Blandingslag
Forsuring	Forsuring	Forsuring	
Modellvalidering	Modellvalidering	Modellvalidering	Modellvalidering
Produksjonsgrunnlag	Produksjonsgrunnlag	Produksjonsgrunnlag	Produksjonsgrunnlag
Biologisk Mangfold	Biologisk Mangfold	Biologisk Mangfold	Biologisk Mangfold
Klimaeffekter	Klimaeffekter	Klimaeffekter	Klimaeffekter
Eutrofiering			Eutrofiering/miljøtilstand
Skadelige alger			Skadelige alger
Introduserte arter	Introduserte arter	Introduserte arter	Introduserte arter
Forvaltningsplan	Forvaltningsplan	Forvaltningsplan	EU's VRD

Problemstillinger knyttet til klimaendringer går igjen innen alle områdene og anses å være viktig både nasjonalt og internasjonalt. Avhengig av i hvor stor grad man ønsker å spisse

programmene vil frekvens etc påvirkes. Det er viktig at man forsøker å utnytte eksisterende aktivitet i så stor grad som mulig. Ved Havforskningsinstituttet har man gradvis bygget ut overvåkningsprogrammene, ved inkludering av nye parametere for å dekke opp nye problemstillinger. Havmiljøet endres gjennom hele året som følge av både lokale og ytre påvirkninger, og plante- og dyreplankton gjennomgår en suksesjon styrt av de kjemiske og fysiske forholdene. Ved å inkludere mange problemstillinger eller parametere vil det derimot være behov for en større fokus på frekvens og tidspunkt for dekninger. Det vil være perioder av året for de forskjellige overvåkningselementene hvor det er viktigere med datainnsamling enn i andre periode. Dette vil variere mellom områdene og problemstillingene og formål med overvåkingene. Iversen mfl. (2011) laget en tabell over de viktige perioder for de ulike problemstillingene og denne er gjengitt som vedlegg (Tabell 9.1).

5.2 Eksempler på klimasensitive parametre

Kompleksiteten i økosystemene gjør at variasjoner i klimaet påvirker økosystemet både gjennom direkte og indirekte prosesser. I tillegg er det også en integrert effekt (Ottersen mfl. 2004). Kompleksiteten gjør at det i mange tilfeller er vanskelig å identifisere følgene av spesifikke klimaparametrene. Begrepet ”klimaendringer” vil innholde en rekke underpunkter som endres ved endret atmosfærisk klima. I noen sammenhenger omtales disse som ”klimasensitive” parametre og er mer anvendelige i diskusjon omkring måleparameter i overvåkning. I eksempler på klimasensitive parametre eller indikatorer er det derfor ikke skilt mellom de forskjellige prosessene (Tabell 6). Parametrene er delt inn i hav, kyst og Arktis der hvor de er mest relevante. Mange av parametrene vil også gå igjen innenfor de ulike områdene. Listen over klimasensitive parametre er ikke komplett, noe som ville vært vanskelig og ha gjort listen mye lengre. Siden effekter av klimaendringer vil først bli synlige på de mer fysiske prosessene og de lavere trofiske nivåene har det influert valg av parametre deretter. Mange av parametrene i listen inngår også som indikatorer i forvaltningsplanene og/eller i Vanndirektivet. Dette gjelder blant annet sjøtemperatur, isdekke, oppløst oksygen, havstrømmer/transport, næringssalter, oppblomstring/primærproduksjon/ planteplankton, skadelige og fremmede arter, forsuring, artssammensetning og utbredelse av dyreplankton, og utbredelse og vekst av fisk.

Sjøtemperaturen og isdekke er kanskje de parametrene som først vil bli påvirket gjennom klimaendringer og som er relativt enkelt å overvåke. Saltholdighet er også tatt med siden den er viktig, for blant annet, bestemmelse av viktige vannmasser og endringer av disse. Blandingslaget, stabilitet i vannkolonnen er viktig for oppblomstringstidspunktet og primærproduksjonen der for eksempel klimaendringene kan medføre en tidligere våroppblomstring. Oppløst oksygen i vann kan for eksempel si noe om den vertikale omveltningen av vannmasser og dypvannsdannelsen men også noe om primærproduksjonen.

Tabell 6. Oversikt over eksempler av klimasensitive parametre samt betydning. Kryssene angir område parametrene er relevante.

Parametre	Betydning	Kyst	Hav	Arktis
Sjøtemperatur	Fysiske prosesser (blanding, stabilitet, havstrømmer, sjøis), veksthastighet hos plankton og larver, utbredelse og produksjon av fisk og plankton	X	X	X
Saltholdighet	Fysiske prosesser (blanding, stabilitet, havstrømmer)	X	X	X
Isdekke	Værmønster, skyer, hav-atmosfære utvekslinger, fysiske prosesser som vertikal blanding, primærproduksjon, transport av forurensing, habitat for mange trofiske nivåer			X
Oppløst oksygen i sjøvann	Vannmasser, fiskevelferd		X	X
Havnivå	Havstrømmer	X	X	X
Havstrømmer	Fysiske egenskaper i havet (temperatur, saltholdighet, etc.), isdekke, primærproduksjon.	X	X	X
Dypvannsdannelse	Havstrømmer, temperatur, saltholdighet, oksygen			X
Blandingslag	Våroppblomstring, primærproduksjon	X	X	X
Statisk stabilitet av vannmasser	Våroppblomstring, primærproduksjon	X	X	X
Næringsalter (nitrogen, silikat, fosfat)	Primærproduksjon	X	X	X
Oppblomstring/primærproduksjon/ planteplankton	Dyreplanktonproduksjon	X	X	X
Skadelige arter	Mattrygghet, fiskevelferd	X	X	X
Forsuring (pH)	Kan påvirke organismer med kalkdannelse		X	X
Artssammensetning av dyreplankton	Endringer i artssammensetning kan påvirke andre trofiske nivåer og innvirke på økosystemet funksjonalitet og struktur.	X	X	X
Introduserte (fremmede) arter (plankton/fisk)	Kan påvirke økosystemets funksjonalitet og struktur, gjennom endringer i konkurranseforhold, habitatendringer etc	X	X	X
Utbredelse av dyreplanktonartene	Utbredelse og produksjon av fisk	X	X	X
Utbredelse av fiskearter	Endringer i fiskeriet	X	X	X
Vekst/kondisjon av fisk	Produksjon av fisk	X	X	X

Havnivå er også en viktig klimaparameter siden den vil bli direkte påvirket ved landissmelting og ved termisk ekspansjon som følge av oppvarming av havet. Havstrømmer transporterer varme og salt men også næringssalter og plankton, og forholdet mellom strømmene som transporterer atlantisk, arktisk og kystvann kan endres ved klimaendringer. Forsuring (pH) er et direkte resultat av økt innblanding av CO₂ i havet og er et viktig klimasignal. Klimaendringene medfører også at større havområder blir isfrie og åpen for beiteareal til fisk, nordover forflytning av varmekjære planktonarter, introduksjon av nye planktonarter, etc., og det er derfor viktig å overvåke disse.

Flere av parametrene vil kunne bli beregnet fra de samme datasettene. For eksempel vil parametrene sjøtemperatur, saltholdighet, blandingslag, statisk stabilitet av vannmasser og dypvannsdannelse bli beregnet fra hydrografiske stasjoner fra snitt, regionale deknings, faste stasjoner eller fra Argobøyer. Andre parametre som oppløst oksygen, næringssalter, oppblomstring/primærproduksjon/planteplankton/forsuring vil kunne beregnes fra vannprøver fra de hydrografiske stasjonene, mens skadelige og introduserte arter, artssammensetning og utbredelse av dyreplankton vil kunne måles fra planktonprøver tatt med håv eller nett, enten fra snitt eller regionale deknings. Utbredelse og vekst/kondisjon av fisk beregnes fra målinger tatt på regionale deknings. Satellittdata brukes til å beregne havnivå og isdekke.

5.3 Fokusområder for overvåking av klimaendringseffekter

I sektorutredningene for forvaltningsplanene for Barentshavet, Norskehavet og Nordsjøen ble noen områder identifisert som særlig verdifulle og sårbare. Et særlig verdifullt område er et geografisk avgrenset område som kjennetegnes av en rekke faktorer som, vurdert ut fra biologiske kriterier, definerer områdets verdi. To hovedutvalgs-kriterier ble benyttet i arbeidet med forvaltningsplanene; viktighet for biologisk mangfold og viktighet for biologisk produksjon (Olsen og von Quillfeldt, 2003; Ottersen og Auran, 2007). I det marine miljø finnes slike områder ofte der det er spesielle oseanografiske eller topografiske forhold som bør dekkes. Ved å identifisere disse spesielle områdene vil en også kunne identifisere områder med et spesielt rikt/unikt dyre- og planteliv. I tillegg tar marine organismer i bruk ulike habitater i ulike deler av sine livsforløp. Slike områder omfatter for eksempel gyte- og oppvekstområder, og er ikke alltid knyttet til en spesiell oseanografi eller topografi (Olsen og von Quillfeldt, 2003; Vongraven 2004; Ottersen og Auran, 2007). Lokalisering av viktige oseaniske områder kan endre seg som følge av klimaendringer i og med at klima påvirker utbredelse og mengde av havis, snøforhold, dypvannsdannelse, havnivå, temperatur, saltholdighet, vindmønster og surhetsgrad. Spesielle oseanografiske/topografiske områder som vi anbefaler å overvåke er (modifisert fra Ottersen og Auran, 2007):

Frontsystemer (iskant, polar- og kystfront, kant av kontinentalskråning)

I disse områdene frigjøres eller bringes næringsstoffer opp til den produktive, øvre delen av vannsøylen og danner grunnlag for høy primærproduksjon, som igjen danner føde for beitere og predatorer høyere opp i næringskjeden slik som dyreplankton, pelagisk fisk, sjøfugl og sjøpattedyr. Eksempler på fronter er vist i Figur 25. Frontsystemer vil kunne overvåkes (på relativ stor skala) ved både hydrografiske snitt

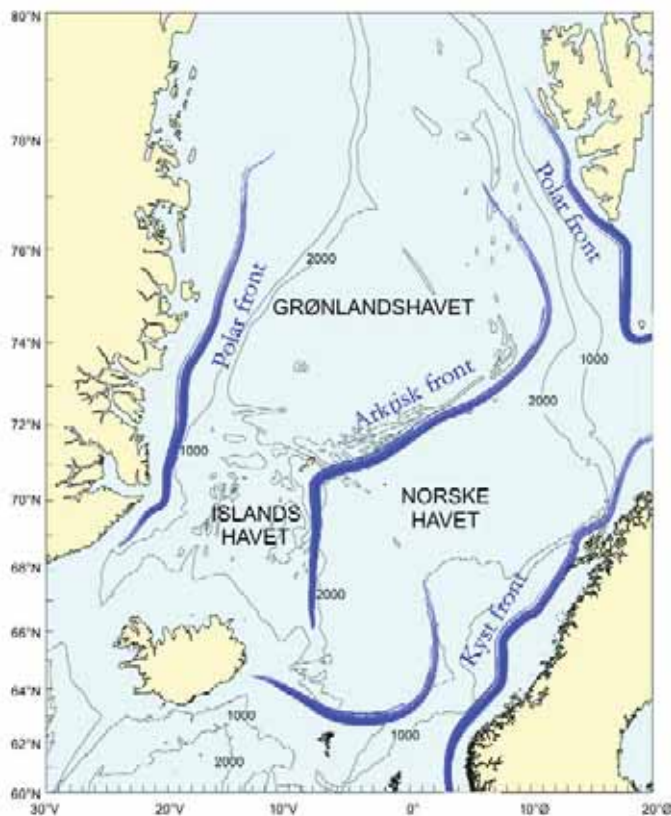
og regionale deknings, men i noen tilfeller bør snittene forlenges og/eller at ekstra stasjoner tas på de regionale deknings ved iskant og arktiske front.

Strømsterke områder (topografiske forhold slik som dyphavsrenner, skråninger med mer)

Stor transport av vannmasser. Biomassen av bunnfaunaen i slike områder kan være høy da strømmen bringer med seg næring og bytte. Spesielt filterfødende organismer som koraller, svamper og skjell har nytte av dette. Strømsterke områder vil også kunne overvåkes med de hydrografiske snittene. I tillegg måles det strøm i flere av disse områder og det vil bli foreslått å måle på andre tilleggssteder.

Kystområder

Området nær kysten preges av stor tang- og tarerikdom, et habitat som er viktig for mange arter og som et skjul for yngel, larver og ungfisk. Området innenfor 1 nm vil bli dekket av Vanddirektivet.



Figur 25. Fronter i De nordiske hav mellom kyst og atlantisk vann (Kystfront), atlantisk og arktisk vann (Arktisk front) og polar og arktisk/atlantisk vann (Polarfront).

5.4 Frekvens

Ved måling av oseanografiske parametre er det viktig at observasjonsfrekvensen er tilpasset de naturlige variasjonene i de parametrene man ønsker å få målt. Det vil variere meget hvor hyppig prøvetakingen må gjennomføres for ulike overvåkingselementer. I utgangspunktet legges det opp til årlig prøvetaking i alle havområdene, men med høyere frekvens for overvåkingselementer som viser store sesongmessige variasjoner. For de elementene hvor kravene til overvåkingen fører til at eksisterende aktiviteter må utvides eller det må settes i

gang ny aktivitet, vil hyppig prøvetaking føre til høye kostnader. Vi erkjenner at i slike tilfeller må anbefalt frekvens bli et kompromiss mellom hva som er ønskelig og hva som er økonomisk mulig. Hyppig prøvetaking er spesielt viktig for økosystemer hvor det naturlig forekommer raske og store svingninger. For slike områder og egnede parameter må man i større grad se på muligheten for implementering av nye metoder eller innsamlingsplattformer.

I overvåkingsprogrammet for kyst er det blant annet på flere lokaliteter foreslått 20 prøvetakinger per år for hydrografi og planteplankton i forbindelse med Vanndirektivet (Pedersen og Dahl 2009). Tilsvarende høy frekvens er ikke gjennomførbar for havområdene annet enn der rutegående fartøyer eller automatiserte plattformer kan benyttes. Eksisterende programmer i havområdene gjennomføres med en frekvens opp til 12 ganger i året. I program for hav og Arktis er det foreslått å beholde dagens frekvens på de faste snittene (minimum 4-6 ganger) og de regionale dekningene (1-2 ganger). I realiteten vil en tilfredsstillende overvåking i fjerne områder bare kunne gjennomføres på sikt ved innføring av automatiserte metoder for prøvetaking. For å få kunnskap om graden av naturlige svingninger kan det være en forutsetning at prøvetakingen gjennomføres regelmessig og med høy frekvens (minimum årlig) i en innledende fase. Muligheten for å redusere frekvensen kan imidlertid holdes åpen etter en innledende periode, dersom det i programmet vinnes kunnskap som tilsier at dette kan gjøres uten vesentlig tap av informasjon. Vurdering av frekvens for overvåkingselementene kan derfor være et ledd i den løpende evalueringen og oppdateringen av programmet for å komme fram til optimale rutiner for overvåkingen.

5.5 Nye kontra gamle observasjonsmetoder

Satellitter har vært brukt for målinger i havoverflaten i over tretti år og teknologien er således veletablert, selv om den stadig forbedres og nye sensorer innføres. Data fra satellitter har den fordelen at de dekker hele havområder regelmessig, fra daglig til månedlig deknninger, og er ofte lett tilgjengelig via internett. Dekningen er derimot usikker nær kysten for de fleste parametrene. Satellittmålinger i det infrarøde bølgespekteret vil kun kunne benyttes dersom det er skyfritt, en problemstilling man kan løse ved å benytte tidsintegreerte verdier. Man skal også være oppmerksom på at satellittinformasjon kun dekker overflaten og kan dermed ikke si noe om utviklingen i dypere liggende vannlag. Informasjonen fra satellittene, bortsett fra sjøis-konsentrasjonen, er kun i begrenset omfang benyttet i rutinemessig overvåking selv om den kan bidra til en bedre forståelse av den romlige og tidsmessige variabiliteten i vannmassene nær overflaten. Satellittene har blant annet sensorer som kan måle havnivå der overflatestrøm kan beregnes fra, overflatetemperatur og fluoressens (klorofyll-a). I tillegg er en sensor for måling av overflatesaltholdighet under utprøving. I utredningen til Forvaltningsplanen for Norskehavet "Vurdering av kunnskapsstatus og kunnskapsbehov" (Ottersen og van der Meeren, 2008) ble det anbefalt at rutinemessig bruk av satellittdata innen miljøovervåking bør utredes, og at de bør kunne koordineres med annen type datainnsamling som fartøybaserte målinger, noe vi også anbefaler.

Innføring av nye observasjonsmetoder krever ofte materiell investering, utprøving og forskning før man kan sette det inn i rutinemessig bruk og se de økonomiske innsparingene.

Det er derfor viktig at det forskes på hvordan data skal analyseres når de samles inn på en ny måte, med ny instrumentering. Erfaringer viser at autonom observasjons-plattform teknologi fremdeles er under utvikling, men noen kommersielle systemer finnes allerede. Eksempler på eksisterende systemer er Argo bøyer og glidere som kan inkludere flere typer sensorer for måling av både fysiske og biologiske prosesser. Utviklingene innen autonome observasjonsplattformer går raskt og har et stort potensial. For eksempel kan faste stasjoner i større grad automatiseres, men det krever også at infrastrukturen for håndteringen av data følges opp. Havforskningsinstituttet arbeider i dag med planer om å operere faste stasjoner automatisk med vinsj plassert på sjøbunnen.

Bruken av numeriske havmodeller har kommet til etter at overvåkningsopplegg var etablert. Observasjoner spiller en sentral rolle for *validering* av modeller, hvor den romlige strukturen i modellene kan sammenlignes med virkeligheten. Dette gir muligheten til å vurdere kvaliteten på modellresultatene. Snitt med strømmålinger blir spesielt viktige her siden strømmen i modellen kan vurderes direkte. Målinger av hydrografi langs snitt eller enkeltstasjoner er også av stor nytte ettersom en modell som gjengir hydrografien på en realistisk måte er en god modell. En operasjonell integrasjon av observasjoner i modeller vil kunne bli et viktig verktøy for å komplettere data som er innsamlet fra fartøy, og bør vurderes i et framtidig overvåkingsprogram.

6 Forslag til fremtidig overvåkingsprogram av klima

I stor grad må et forslag til overvåkingsprogram baseres på de igangværende aktiviteter som er beskrevet tidligere og oppsummert i Tabellene 1-4. Dette er nødvendig av logistiske hensyn samtidig som at programmet bygger videre på eksisterende dataserier og som derved har en basis for tolking av langtidsendringer. I tillegg må det tas hensyn til hvilke krav Forvaltningsplanene for Barentshavet, Norskehavet og Nordsjøen krever av prøvetakning, mens for kysten vil Vanddirektivet sin basisovervåking være relevant (Pedersen og Dahl, 2009; se også tabell 9.2 i Vedlegg).

Programmet vil få noe ulik sammensetning fra område til område fordi ikke alle aktiviteter er relevante for alle overvåkingsområder. I tillegg er havområdene så store og omfattende at det ikke vil være faglig og økonomisk mulig å gjennomføre alle aktiviteter med samme krav til utførelse i alle områder. Ved utarbeidelse av forslag til utvidet/modifisert overvåkingsprogram har vi tatt hensyn til flere rapporter der eksisterende miljøovervåkingen er gjennomgått. Ved siden av underlagsutredningene til Forvaltningsplanene har blant annet følgende rapporter vært til hjelp: "Snittutvalget 2010 og Snittrevisjonsutvalget 2011" (Iversen m.fl. 2011), "Nasjonal overvåking av marint biologisk mangfold i havområder og Arktis" (Oug og Naustvoll, 2008), Ottersen mfl. (1998 og 2003), og Pedersen og Dahl (2009). Konklusjonen fra Ottersen mfl. (1998) er fremdeles relevant til dette forslaget til overvåkingsprogram:

- Faste stasjoner bør fortsatt være ryggraden i overvåkingsprogram
- Område tokt er fortsatt en viktig og nødvendig kilde til romlig informasjon
- Det bør satses mer på å utnytte den potensielt store romlige informasjonsmengde som ligger i fjernmålingsdata.
- GPS og nyere teknologi gjør at den gamle metoden med innsamling av data fra rutegående fartøy "ships of opportunity", er mer aktuell enn noensinne. Denne kostnads-effektive metoden for innsamling av data blir ikke tilstrekkelig utnyttet i dagens overvåking
- Numerisk modeller bør gradvis integreres i overvåkingsarbeid uten at dette reduserer måleaktiviteten
- Med dagens kostnadsnivå kan automatiske bøyer anbefales i situasjoner der enkeltbøyer er tilstrekkelig. For større, åpne områder må denne teknologien kombineres med andre metoder
- De ulike innsamlingsmetoder bør i større grad koordineres. Dette gjelder til dels selve datainnsamlingen, men i vel så stor grad etterlyses en koordinert analyse av de ulike datatyper.
- Naturlige kombinasjoner er satellittdata og data fra rutegående fartøyer, data fra toktprogram kombinert med målinger fra automatiske bøyer og data fra områdedekkende tokt brukt til å initiere numeriske modeller. Resultater fra modellkjøringene kan benyttes for å vurdere representabiliteten i målinger fra faste stasjoner.

6.1 Forslag til program – Kyst

Forslag til overvåking langs kysten er vist i Tabell 7-8.

Implementering av en basisovervåking for Vannforskriften

Implementering av en basisovervåking for Vannforskriften vil bidra med viktige biologiske data inn mot et fremtidig nettverk av overvåkningsstasjoner for klima. Vannforskriften vil dekke biologiske komponenter som hardbunn flora, bløtbunn fauna, angiospermer og planteplankton langs hele kysten. I tillegg vil datasettet inneholde viktige fysiske og kjemiske støtteparametere for tolkning av biologiske endringer. Det vil være hensiktsmessig å bygge videre på de foreslåtte referansestasjonene i basisovervåkingen med unntak av Skagerrak region der aktiviteten må knyttes til trendovervåkingen. I forbindelse med Vanndirektivet så er forslagene fra SFT-rapporten ”Vannforskriften – Oppdatert forslag til stasjonsnett for basisovervåking i kystvann” (Pedersen og Dahl, 2010) basert på lokaliteter hvor det pågår eller har pågått overvåking som er relevant for Vanndirektivet. Rapporten tok særlig hensyn til Havforskningsinstituttet sine faste hydrografiske stasjonene som har lange tidsserier, og foreslo å utvide frekvensen på disse stasjonene. Dette var også i samsvar med Solheim mfl. (2005). Vi har i stor grad valgt å følge forslagene til de to nevnte arbeidene. Arbeidene foreslår at overvåkingen på de faste stasjonene utvides ved prøvetaking av flere parametre, blant annet plankton. Pedersen og Dahl (2010) foreslo at det opprettes 36 referansestasjoner og 48 trendstasjoner for planteplankton og støtteparametre (temperatur, saltholdighet, oksygen, næringssalt, siktedyp). I første omgang er det hensiktsmessig å bygge på de plattformer der man har tidsserier og der logistikken enkelt kan tilpasses for og inkludere klimaovervåking. I denne gjennomgangen har vi lagt som forutsetning at dagens aktivitet videreføres og at implementeringen av overvåkningsprogrammet følger anbefalingene gitt av Pedersen og Dahl (2010). De foreslåtte lokalitetene er de faste hydrografiske stasjonene og den innerste stasjonen på snittene (totalt 14 stasjoner) for å utnytte eksisterende logistikk (jmf. Tabell 1), men med økt frekvens og flere måleparametre i mange tilfeller (se Tabell 7). Implementering av Vanndirektivet medfører at det måles næringssalter, klorofyll, planteplankton og oksygen på disse stasjonene. Målehyppigheten for Vanndirektivet er foreløpig ikke fastlagt men den bør være ikke mindre enn 12 ganger årlig. Disse stasjonene inneholder noen biologiske parametere men det må vurderes hvorvidt parameterlisten bør utvides for å dekke flere eller andre biologiske parametere. Man har benyttet seg av sammensetningen av dyreplankton som en klimaindikator i Nordsjøen for klimatiske endringer. Det må ses på muligheten for å inkludere denne gruppen i et eventuelt fremtidig klimaprogram knyttet til Vannforskriftens basisovervåking. Vi foreslår at det innføres målinger av dyreplankton, karbon (pH) og CO₂ for overvåking av klimaendringseffekter på disse stasjonene og for å utnytte den eksisterende logistikken angående Vanndirektivets basisovervåking.

Kyststrømmen er en viktig komponent i økosystemet for kysten, men der er ikke noen overvåking av volumtransporten. Det foreslås derfor at det blir startet opp et måleprogram med strømrigger ved kysten i enten Nord- eller Sør-Norge (Barentshavet eller Nordsjøen) på grunn av topografiske forhold, fortrinnsvis i nærheten av en fast hydrografisk stasjon. Det er

tidligere målt strøm ved Ingøy, og alternativt kan måling av strøm utenfor Torungen ha stor verdi. Kyststrømmen er her forholdsvis smal og er på sitt sterkeste i styrke. Et slikt måleprogram utenfor Torungen vil også være praktisk å betjene fra Havforskningsinstituttet sin forskningsstasjon i Flødevigen. Måleprogrammet bør i første fase bestå av flere rigger men bør så reduseres til færre rigger, fortrinnsvis en rigg. I indikatorrapporten for Nordsjøen er det foreslått å bruke den nordgående transporten av norsk kystvann som overvåkningsparameter, der modellsystemet NORWECOM (Skogen m.fl, 1995; Skogen og Søiland, 1998) som er utviklet på Havforskningsinstituttet vil bli benyttet. Utviklingen av nyere modellsystem og opparbeidelse av lengre tidsserier med f.eks. NorKyst-800 (Albretsen m.fl. 2011b) gjør at man om kort tid har mulighet til å supplere med flere uavhengige modellrealiseringer.

Tabell 7. Forslag til overvåking av miljø og pelagiske-biologiske parametre for Kyst. VRD: ekstra overvåking i forbindelse med Vanddirektivets krav. Forklaring: T-temperatur, S-saltholdighet, N-Næringssalt, O₂-oksygen, Kl-klorofyll, Ppl-planteplankton, Zpl-dyreplankton, Ph – forsuringsparameter (inkl alkanitet og DIC), CO₂-karbondioksid. Frekvens angir antall dekninger pr. år såfremt ikke annet er oppgitt.

Lokalitet	Dagens aktivitet							VRD ¹				Utvidelse av klimaprogram ²			Kommentar	
	Frekvens	T	S	N	Kl	Ppl	Zpl	N	Kl	Ppl	O	Zpl	pH	CO ₂		
Ingøy	~ 35 x	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	6 x	2 x	2 x	Bør inkludere CO ₂	
Eggum	~ 30 x	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	6 x	2 x	2 x		
Skrova	~ 40 x	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	6 x	2 x	2 x		
Bud	~ 12 x	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	6 x	2 x	2 x		
Sognesjøen	~ 26 x	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	6 x	2 x	2 x		
Utsira (ytre)	~ 20 x	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	6 x	2 x	2 x		
Utsira (indre)	~ 20 x	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	6 x	2 x	2 x		
Lista	~ 40 x	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	6 x	2 x	2 x		
Arendal (1 nm)	12 x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	6 x	2 x	2 x		Første st. på Torungen-Hirtshals
Utsira	4 x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	6 x	2 x	2 x		Første st. på snittet
Gimsøy	4 x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	6 x	2 x	2 x	Første st. på snittet	
Svinøy	5 x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	6 x	2 x	2 x	Første st. på snittet	
Fugløya	6 x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	6 x	2 x	2 x	Første st. på snittet	
Vardø-N	4 x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	6 x	2 x	2 x	Første st. på snittet	
Flødevigen	Per time	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Uendret	
Nord for 62°N	1 x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	Sildelarvetokt i april uendret	
Nord for 62°N	1 x	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Økosystemtokt i oktober uendret	

¹ Målingene tas på flere dyp. Frekvens for VRD er ennå ikke fastlagt men som minimum bør det være 12x.

² Ny overvåking som ikke dekkes av VRD eller andre programmer.

Tabell 8. Forslag til overvåking av transport/strømforhold for Kyst

Lokalitet	Frekvens	Strøm	T	S	Kommentar
Ved en hydrografisk stasjon, sør eller nord Norge	Per time	Ny	Ny	Ny	Ny aktivitet for transport av kystvann. Flere rigger i første fase, deretter reduksjon til en rigg
Langs kysten	Per dag	Ny			Modellert nordgående transporten av norsk kystvann. Inngår som indikator i FVP Nordsjøen.

6.2 Forslag til program - Hav

Forslag til overvåking i havområdene Nordsjøen og Skagerrak er vist i Tabell 9.

For havområdet (som dekker Nordsjøen og Skagerrak) anbefales det at man bygger videre på eksisterende snitt. Disse er plassert slik at de dekker viktige havstrømmer og vil sikre en tilstrekkelig god vertikal oppløsning for å fange opp prosesser i overflaten, intermediære vannmasser og dypvannet. Anbefaling som er gitt her, er langt på vei i henhold til forslag gitt i arbeidet med Forvaltningsplan Nordsjøen-Skagerrak. I tillegg anbefaler vi at snittet Hanstholm-Aberdeen tas opp igjen. Dette snittet vil dekke den sørlige delen av norsk farvann og dekke den grunne delen av Nordsjøen.

Tabell 9. Forslag til overvåking av miljø og biologiske parametre for Hav.

Lokalitet	Frekvens	T	S	N	KI	PIP	ZP	O	pH	CO ₂	Fisk	Kommentar
Torungen-Hirtshals	12 x	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	
Utsira-Start Point	6 x	+	+	+	+	+	+	-	Ny	-	-	
Hanstholm-Aberdeen	4 x	+	+	+	+	+	+	-	Ny	-	-	Foreslås å opprettes igjen (jfr Forvaltningsplan)
Regional dekning	1 x	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	
Satelittdata for hele området	52 x	Ny			Ny							Bør utredes for overflatetemperatur og fluoressens (klorofyll-a)
Modelldata for hele området	365 x	Ny	Ny	Ny	Ny	Ny		Ny				Bør vurdere å utvide bruk av modellresultater (NORWECOM)

6.3 Forslag til program - Arktis

Forslag til overvåking i Arktis er vist i Tabell 10. Mye av aktiviteten bør lokaliseres til de faste hydrografiske snittene, regionale områdedekningene og til viktige fokusområder. Viktige fokusområder er fronter og strømsterke områder. Med tanke på fremtidige klimaendringer med høyere sjøtemperaturer og mindre sjøis vil en nordlig utvidelse av overvåkingen være naturlig. Dette kan gjennomføres ved at Vardø-N snittet forlenges nordover, og at det opprettes et nytt snitt med strømmålere nordøst for Svalbard for å fange atlantisk vann som går inn i Polhavet. Et slikt snitt er allerede under planlegging i samarbeid mellom Havforskningsinstituttet og Norsk Polarinstitutt. I tillegg foreslås det også at overvåkingen styrkes vestover for å dekke frontområdet, fange opp innstrømning av arktisk vann og dekke dyphavsområdene. Dette kan gjøres enten ved å etablere noen stasjoner/snitt i frontområdet

eller forlenge Svinøysnittet, tilsvarende som på Gimsøy og Bjørnøyasnittene, gjerne i kombinasjon med data fra Argo bøyer og satellitter. Det mest gunstige vil være at de forlengete snittene og det nye snittet i Polhavet tas flere ganger i året for å fange opp sesongmessige endringer men det vil føre til høye kostnader. Med tanke på at det vil være vanskelig å gjennomføre økonomisk er det derfor foreslått at de forlengete/nye snittene tas minimum en gang årlig. Det er også foreslått økt antall parametre på snittene og regionale dekningen, som prøvetaking av oksygen, karbon og alkalitet på utvalgte stasjoner. Målinger av karbon og alkalitet brukes til å kvantifisere havforsuringen som påvirkes direkte av økt CO₂ til havet. Imidlertid er opparbeiding av disse prøvene tidkrevende, og realistisk frekvens for denne prøvetakingen er derfor en gang i året per snitt. Overvåking av sjøis foreslås å fortsette som tidligere. Introduksjon av nye og/eller nordlige forflytning av varmekjære dyreplanktonarter som følge av klimaendringer overvåkes i dag på Svinøy og Fugløya-Bjørnøya snittene. Det bør imidlertid vurderes å opparbeide planktonprøvene for art ved utvalgte stasjoner (vannmasser) på de regionale toktdekningene og/eller ved forlengete snitt (minimum 1 gang i året). Utbredelse av fiskearter er en del av den eksisterende aktiviteten ved regionale dekningene. Siden innsamling av fiskedata har historisk sett være fokusert på vurderinger av bestandsstørrelse og lite i forhold til klima foreslår vi at det gjøres en reanalyse av dataene i forhold til klimaaspektet.

Tabell 10. Forslag til overvåking av miljø og biologiske parametre, i Arktis.

Lokalitet	Frekvens	T	S	N	Kl	Plp	Zpl	O	pH	CO ₂	Fisk	Kommentar
Svinøy-NV	5 x	+	+	+	+	+	+	Ny	Ny	-	-	Snittet forlenges en gang i året
Gimsøy-NV	4 x	+	+	+	+	+	+	Ny	Ny	-	-	Et forlenget snitt i året
Bjørnøya-V	4 x	+	+	+	+	+	+	Ny	Ny	-	-	Et forlenget snitt i året
Fugløya-Bjørnøya	6 x	+	+	+	+	+	+	Ny	Ny	-	-	
Vardø-N	4 x	+	+	+	+	+	+	Ny	Ny	-	-	Snittet forlenges en gang i året
Polhavet snitt	1 x	Ny	Ny	Ny	Ny	Ny	Ny	Ny	Ny	-	-	Nytt snitt
St. M	4 x	+	+	+	+	+	+	Ny	Ny	-	-	
St. M (bøye)	Pr. time	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-	Bøyen startet opp i 2011
Regional dekning Norskehavet	1 x	+	+	+	+	+	+	Ny	-	-	+Re	Øke antall stasjoner i vestlige område og noen dype hydrografiske stasjoner. Stasjoner for Zpl – artsbestemmelse.
Regional dekning Barentshavet	2 x	+	+	+	+	+	+	Ny	-	-	+Re	Øke antall stasjoner i nordlige område for september når isdekke er lavest
Argo bøyer i De nordiske hav	~50 x per bøye	+	+	Ny	+	-	-	+	-	-	-	Jevnlig utsetting av nye bøyer kreves. Vurdere nye sensorer (eks. Nitrat, Lys)
Ferrybox Tromsø- Longyearbyen	52 x	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	
Sjøis for hele området	365 x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Iskartlegging fra satellitt
Satellittdata for hele området	52 x	Ny	-	-	Ny	-	-	-	-	-	-	Bør utredes for overflatetemperatur og fluorensens (klorofyll-a)
Modelldata for hele området	365 x	Ny	Ny	-	-	-	-	-	-	-	-	Bør vurdere å utrede bruk av modellresultater

Re: Reanalyse av fiskedata med hensyn til klimaaspektet.

Tabell 11. Forslag til overvåking av transport/strømforhold i Arktis

Lokalitet	Frekvens	Strøm	T	S	Kommentar
Svinøy-NV	Per time	+	+	+	
Fugløya-Bjørnøya	Per time	+	+	+	
Framstredet (79°N)	Per time	+	+	+	
Polhavet	Per time	Ny	Ny	Ny	Nytt snitt nordøst for Svalbard
Hele området	52 x	Ny	-	-	Havnivå fra satellitt. Bør utredes.
Hele området	365 x	Ny	Ny	Ny	Modelldata, Vurderes om det bør utredes

7 Kostnadsoverslag

Kostnadene er gitt per år og beregnet ut fra en utvidet overvåking vil koste, utover eksisterende overvåking. De estimerte kostnadene er beregnet på bakgrunn av det foreslåtte programmet i kapittel 6 (Tabell 7-11) og kostnadene er gitt for hvert av havområdene Kyst, Hav og Arktis i Tabell 12. Detaljerte kostnadsoversikt per aktivitet for hvert havområde er gitt i Vedlegg (Tabell 9.3). Det er forutsatt at igangværende aktivitet videreføres og er derfor ikke kostnadsberegnet. Beregningene omfatter derfor bare nye aktiviteter. Når det gjelder overvåkingen under Vanddirektivet så forutsettes det at den blir fullfinansiert. Dermed er bare den ekstra overvåkingen for Kyst som ikke omfatter Vanddirektivet tatt med i kostnadsoverslaget.

En del aktiviteter krever ekstra toktid, både personelltid og båttid, som er kostnadsført. Noen av de nye aktivitetene er allerede under planlegging men har foreløpig en kort tidsramme. Disse aktivitetene inngår derfor som ny aktivitet med kostnadene det medfører. Kostnadsberegningene må anses som et minimumsestimert, og er et kompromiss på hva som er faglig ønskelig og økonomisk gjennomførbart.

Tabell 12. Summerte årlige kostnader for overvåking av miljø med ekstra biologiske parametre i de enkelte havområdene. Kostnadene er tilleggskostnader utover eksisterende aktiviteter som forutsettes videreført. Kostnadene er i kNOK.

	Kyst*	Hav**	Arktis	Sum
Prøvetaking, opparbeiding, utstyr	3 910	2 400	2 713	9 023
Kostnad for ekstra båt tid	40	1 100	1 160	2 300
Sum	3 950	3 500	3 873	11 323

* Igangsetting av overvåking ved de foreslåtte stasjonene er estimert ved å benytte en enhetspris for analyser av kjemisk og biologiske prøver (jfr VRD), 10 dyp pr stasjon og en frekvens på 12 x pr år. Det legges opp til 14 stasjoner for å dekke de åpne delene av kysten. Kostnader knyttet til innsamling er basert på bruk av lokale prøvetakere. Grad av overlapp og samkjøring med annen aktivitet vil påvirke summene (reduksjon).

** Et grovt estimat baser på enhetspris for analyser av kjemisk og biologiske prøver (planteplankton og dyreplankton på utvalgte stasjoner), 10 dyp pr stasjon og en frekvens som angitt. Snittene som er inkludert er Torungen, Utsira og Hanstholm (henholdsvis frekvens på 12,6 og 4). I og med at mye er dekket i eksisterende program, vil kostnaden primært være knyttet til reetablering av Hanstholm snittet, samt mindre endringer på øvrige snitt og inkludering av satellitt og modeller.

8 Referanser

- Agnalt A.-L., Fossum, P., Hauge, M., Mangor-Jensen, A., Ottersen, G., Røttingen, I., Sundet, J.H., and Sunnset, B.H (eds), 2011. Havforskningsrapporten 2011. Fisken og Havet, særnr. 1-2011
- ACIA 2005. Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press
- Albretsen, J, Aure, J, Sætre, R, and Danielssen, DS (2011a): Climatic variability in the Skagerrak and coastal waters of Norway. ICES Journal of Marine Science, doi:10.1093/icesjms/fsr187.
- Albretsen J, Sperrevik AK, Staalstrøm A, Sandvik AD, Vikebø F, Asplin L (2011b). NorKyst-800 Report no. 1 – User manual and technical descriptions, Fisken og Havet 2/2011.
- Arnott, S.A., og Ruxton, G.D., 2002. Sandeel recruitment in the North Sea: demographic, climatic and trophic effects. *Mar Ecol Prog Ser*, Vol 238, 199-210.
- Aure, J. Og Gjertsen, K. 1998. Langtidsovervåking av miljøet i norske kyst-og havområder. Senter for Marint Miljø, november 1998.
- Blindheim, J., Borovkov, V., Hansen, B., Malmberg, S.A., Turrell, W.R. og Osterhus, S., 2000. Upper layer cooling and freshening in the Norwegian Sea in relation to atmospheric forcing. *Deep-Sea Research Part I-Oceanographic Research Papers* 47 (4), 655-680.
- Corten, A. og van de Kamp, G., 1992. Natural changes in pelagic fish stocks of the North Sea in the 1980s *ICES Mar. Sci. Symp.* 195: 402-417.
- Ellingsen I.H., Dalpadado P., Slagstad D., Loeng H., 2008. Impact of climatic change on the biological production in the Barents Sea. *Clim Change*, 87(1–2),155–175
- Førland EJ, Benestad RE, Flatøy F, Hanssen-Bauer I, Haugen JE, Isaksen K, Sorteberg A & Ådlandsvik B 2009. Climate development in North Norway and the Svalbard region during 1900–2100. Norsk Polarinstitutt Rapportserie 128.
- Gjøsæter, H., Haug, T., Hauge, M., Karlsen, Ø., Knutsen, J.A., Røttingen, I., Skilbrei, O., Sunnset, B.H. (ed.), 2010. Havforskningsrapporten 2010. Fisken og Havet, særnr. 1-2010
- Hanssen-Bauer, I., H. Drange, E.J. Førland, L.A. Roald, K.Y. Børsheim, H. Hisdal, D. Lawrence, A. Nesje, S. Sandven, A. Sorteberg, S. Sundby, K. Vasskog og B. Ådlandsvik (2009): *Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing*, Norsk klimasenter, september 2009, Oslo
- Hatun, H., Sandø, A. B., Drange, H., Hansen, B., and Valdimarsson, H.: Influence of the Atlantic Subpolar Gyre on the Thermohaline Circulation, *Science*, 309, 1841–1844, doi:10.1126/Science.1114777, 2005.
- Holliday, P., S. L. Hughes, S. Bacon, A. Beszczynska-Möller, B. Hansen, A. Lavín, H. Loeng, K. A. Mork, S. Østerhus, T. Sherwin, W. Walczowski, 2008. Reversal of the 1960s - 1990s Freshening Trend in the North Atlantic and Nordic Seas. *Geophysical Research Letters*, 35, 10.1029/2007GL032675.
- Hughes, S. L., Holliday, N. P., and Beszczynska-Möller, A. (Eds). 2011. ICES Report on Ocean Climate 2010. ICES Cooperative Research Report No. 309. 69 pp.
- Hurrell, J.W., 1995. Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation. *Science*: Vol. 269, pp.676-679.
- Iversen, S.A., Skogen, M., og Svendsen, E., 2002. Availability of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the north-eastern North Sea, predicted by the transport of Atlantic water. *Fisheries Oceanography*, Vol. 11, July, 245-250
- Iversen, S. m.fl., 2011: Rapporter fra Snittutvalget 2010 og Snittrevisjonsutvalget 2011, Rapporter fra Havforskningsinstituttet nr. 15/2011.
- IPCC, Climate change, 2007. The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Kaste, Ø., m.fl., 2011. Utredning for overvåking av klimaendringseffekter i ferksvann. NIVA rapport 6190-2011.
- Kerr, R.A., 2000. A North Atlantic climate pacemaker for the centuries. *Science*, Vol. 288, pp. 1984-1986.
- Loeng, H., Ottersen, G., Svenning, M.-A., og Stien, A., 2010. Effekter på økosystemer og biologisk mangfold. NorACIA delutredning 3, Rapportserie nr. 133, Norsk Polarinstitutt.MD, 2011. T-1508 Norske miljømål. Oversikt over resultatområder og virkemidler.

- Melsom, A., Lien, V.S., Budgell, W.P., 2009. Using the Regional Ocean Modeling System (ROMS) to improve the ocean circulation from a GCM 20th century simulation. *Ocean Dynamics*, 59, 969–981, doi: 10.1007/s10236-009-0222-5.
- Mork, K.A., Ingvaldsen, R. E. Svendsen, og J.Aure, 2007. Rekordvarmt vann langs norskekysten. *Klima*, 1-07. 36-37.
- Norges Forskningsråd, 2003. Lange tidsserier for miljøovervåking og forskning. Rapport nr. 1 . Viktige klimadataserier. 36 s
- Norges Forskningsråd, 2004. Lange tidsserier for miljøovervåking og forskning. Rapport nr. 3 . Viktige marine dataserier. 53 s
- Olsen E & von Quillfeldt CH (red) 2003. Identifisering av særlig verdifulle områder i Lofoten – Barentshavet. Havforskningsinstituttet
- Ottersen G & Auran JA (red) 2007. Arealrapport med miljø og ressursbeskrivelse. *Fisken og Havet 6-2007*. Havforskningsinstituttet
- Ottersen, G., Aasen, S.E., Aure, J., Danielssen, D, Johnsen, T., Magnusson, J., Molvær, J., Ostrowski, M., Skjoldal, H.R., Svendsen, E., Sjøiland, H., Sørensen, K., og Tangen, K., 1998. Utarbeidelse av et program for overvåking av et eutrofitilstand og –utvikling i norske kystfarvann basert på både tradisjonelle og høyteknologiske metoder. *Fisken og Havet*, 1998 (1).
- Ottersen, G., Sjøiland, H., Svendsen, E. og Danielssen, D. 2003. Hydrografisk variabilitet i tid og rom i Skagerrak. *Fisken og Havet*, 2003 (2). 32 s.
- Ottersen, G., Stenseth, N.C., og Hurrell, J.W., 2004. Climatic fluctuations and marine systems: a general introduction to the ecological effects. I Stenseth, N.C., Ottersen, G., Hurrell, J.W., og Belgrano, A. (eds): *Marine ecosystems and climate variations: the North Atlantic*, 3-14, Oxford University Press.
- Ottersen, G. og van der Meeren, G.I. (red.) 2008. Helhetlig forvaltningsplan for Norskehavet. Vurdering av kunnskapsstatus og kunnskapsbehov.
- Ottersen, G., Postmyr, E. og Irgens, M. (red.) 2010. Faglig grunnlag for en forvaltningsplan for Nordsjøen og Skagerrak: Arealrapport: 190s. Rapport fra faggruppen for Nordsjøen til styringsgruppen for helhetlig forvaltning av norske havområder. TA-2681/2010. Klima- og forurensningsdirektoratet.
- Oug, E. og Naustvoll, L.J. (red) 2008. Nasjonal overvåking av marint biologisk mangfold i havområder og Arktis. Forslag til overvåkingselementer, lokalisering og kostnadsoverslag. Utredning for DN 2008-2. Direktoratet for naturforvaltning.
- Oug E, Olsgard F (red) 2005. Nasjonal overvåking av marint biologisk mangfold i kystsonen. Forslag til overvåkingselementer, lokalisering av områder og kostnadsoverslag. Utredning for DN 2005-2. DN, Trondheim. 38 s.
- Overland, J.E., og Wang, M. 2007. Future regional Arctic sea ice declines. *Geophys. Res. Lett.*, 34, L17705, doi:10.1029/2007GL030808.
- Pedersen, A. og Dahl, E., 2009. Vannforskriften – Oppdatert forslag til stasjonsnett for basisovervåking i kystvann. SFT-rapport TA-nr: 2577.
- Reid, P.C., Borges, M.F., og Svendsen, E. 2001. A regime shift in the North Sea circa 1988 linked to changes in the North Sea horse mackerel fishery. *Fisheries Research*, Vol. 50, February, 163-171.
- Reid, P.C. og Valdés, L. 2011. ICES status report on climate change in the North Atlantic. ICES Cooperative Research Report No. 310. 262 pp.
- Rey, F. 2012. Declining silicate concentrations in the Norwegian and Barents Seas. *ICES Journal of Marine Science*, 69: 208–212.
- Sandven, S., Sorteberg, A., Sundby, S., Vasskog, K. og Ådlandsvik, B. 2009. *Klima i Norge 2100*. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassning, Norsk Klimasenter, september 2009, Oslo.
- Skogen MD, Sjøiland H. 1998. A user's guide to NORWECOM v2.0. Tech. Rept. *Fisken og Havet 18/98*. Institute of Marine Research, Norway, 42 pp.
- Skogen MD, Svendsen E, Berntsen J, Aksnes D, Ulvestad K. 1995. Modelling the primary production in the North Sea using a coupled 3 dimensional Physical Chemical Biological Ocean model. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 41, 545-565.

- Skagseth Ø, Furevik T, Loeng H, Ingvaldsen R, Mork KA, Orvik KA & Ozhigin V., 2008. Volume and heat transports to the Arctic Ocean via the Norwegian and Barents Seas. In Dickson RR, Meincke J & Rhines P (eds): Arctic-subarctic ocean fluxes, 45–64. Springer.
- Solheim, A., Schartau, A.K., Olsgard, F., Moy, F., Moe, J., Diserud, O., Pedersen, A., 2005. Proposal for design of a Norwegian Monitoring Network for Reference Sites. NIVA-rapport OR-5003, 75s.
- Storeng, A.B., Havelin, T., Riisberg, I., Måge, A., Koefoed, J.H., Fadnes, T., Brungot (red.), A.L., van der Meeren (red.), G.I., Pettersen (red.), C.F., 2012. Helhetlig forvaltningsplan for Nordsjøen og Skagerrak: Indikatorer for overvåking, TA-2906, KLIF.
- Ting, M., Kushnir, Y., Seager, R., og Li, C., 2009. Forced and Internal Twentieth-Century SST Trends in the North Atlantic. *Journal of Climate*, March, 1469-1481.
- Vongraven, D. (red) 2004. Konsekvenser av ytre påvirkning for norsk del av Barentshavet. Norsk Polarinstitutt.
- Ådlandsvik, B., og Bentsen, M., 2007. Downscaling a twentieth century global climate simulation to the North Sea. *Ocean Dynamics*. Vol. 57 (4-5), 453-466, doi: 10.1007/s10236-007-0125-2.
- Ådlandsvik, B., 2008. Marine downscaling of a future climate scenario for the North Sea. *Tellus A*, Vol. 60 (3), 451-458.
- Årthun, M., Eldevik, T., Smedsrud, L., Skagseth, Ø., og Ingvaldsen, R., 2012. Quantifying the influence of Atlantic heat on Barents Sea ice variability and retreat. *J. Climate*, doi:10.1175/JCLI-D-11-00466.1, in press.

9 Vedlegg

Tabell 9.1. Oversikt over viktige perioder for sentrale overordnede problemstillinger og temaer. (Tema og problemstillinger for kysten er ikke inkludert i oversikten). Kryssene angir når det er aktuelt å overvåke de forskjellige problemstillingene, og nødvendigvis ikke frekvens (antall ganger i året). Kryss i parentes angir at den perioden er mindre viktig. (Fra Iversen m.fl. 2011).

NORDSJØEN/ SKAGERRAK	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Næringssalter/uorganisk kjemi												
Produksjonsgrunnlag (abiotisk)	x	x	x	x	x			x	x			
Eutrofiering	x	x			x	x	x	x				
Langtransport vs. lokal tilførsel			(x)	x	x	x	x					
Oksygenforhold (bunnvannet)	x	x					x	x	x	x		
Forvaltningsplan	x	x		x	x	x	x	x				
Næringssalt dynamikk	x	x	x	x	x	x		x	x	x		
Forsuring (DIC)	x			x				x		x		
Fysisk oseanografi												
Vanntransport		x	x	x	x	x	x	x	x	x	(x)	
Vannutskiftning (dypet)		x	x	x	(x)			x	x	x	(x)	
Blandingslag/ statisk stabilitet		(x)	x	x	x	(x)	(x)	(x)	x	x	x	
Klimaeffekter		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Modellvalidering****	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Planteplankton												
Produksjonsgrunnlag/primærproduksjon		x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Biologisk Mangfold		(x)	x	x	x	x	x	x	x	(x)		
Klimaeffekter**			(x)	x	x	x	x	x	x	x	x	
Eutrofiering/miljøtilstand	x		x	x	x	x	x	x	x	x		
Skadelige alger*/oppblomstringer			x	x	x	x	x	x	x	(x)		
Introduserte arter			x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Forvaltningsplan		x	x	x	x	x		x	x	x		
Dyreplankton												
Produksjonsgrunnlag/primærproduksjon	x		x	x	x	x	x	x	x	(x)		
Biologisk Mangfold			x	x	x	x	x	x	x			
Klimaeffekter**			x	x	x	x	x	x	x			
Introduserte arter							(x)	x	x	x	(x)	
Forvaltningsplan			x	x	x	x	x	x	x			

NORSKEHAVET	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Næringsalter/uorganisk kjemi												
Produksjonsgrunnlag (abiotisk)		x	x	x	x	x		x	x	x		
Forvaltningsplan			x	x	x	x		x				
Nærings salt dynamikk	(x)	x	x	x	x	x						
Forsuring (DIC)		x				x		x		x		
Fysisk oseanografi												
Blandingslag				x	x	x	x					
Klimaendringer (temperatur og salt)	(x)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Utbredelse av vannmasser			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Forvaltningsplan	(x)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Modellvalidering****	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Planteplankton												
Produksjonsgrunnlag/primærproduksjon				x	x	x	x	x	x	x		
Biologisk Mangfold					x	x	x	x	x			
Klimaeffekter**				(x)	x	x	x	x	x	x		
Introduserte arter					x	x	x	x	x	x	x	x
Forvaltningsplan					x	x	x		x	x		
Dyreplankton												
Produksjonsgrunnlag/primærproduksjon				x	x	x	x	x	x	x		
Biologisk Mangfold				x	x	x	x	x	x	x	x	x
Klimaeffekter**				x	x	x	x	x	x	x	x	x
Introduserte arter				x	x	x	x	x	x	x	x	x
Forvaltningsplan				x	x	x	x	x	x	x	x	x

BARENTSHAVET	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Næringsalter/uorganisk kjemi												
Produksjonsgrunnlag (abiotisk)		x	x	x	x	x		x	x	x		
Forvaltningsplan			x	x	x	x		x	x			
Nærings salt dynamikk		x	x	x	x	x						
Forsurning (DiC)		x			x			x		x		
Fysisk oseanografi												
Blandingslag			x	x	x	x						
Klimaendringer (temperatur og salt)	x		x	x	x	x	x	x	x	X		
Utbredelse av vannmasser	x		x	x	x	x	x	x	x	X		
Forvaltningsplan	x		x	x	x	x	x	x	x	x		
Modellvalidering****	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Planteplankton												
Produksjonsgrunnlag/primærproduksjon			x	x	x	x	x	x	x	x		
Biologisk Mangfold				x	x	x	x	x	x			
Klimaeffekter**				(x)	x	x	x	x	x	x	x	
Introduserte arter				x	x	x	x	x	x	x	x	
Forvaltningsplan			x	x	x	x		x	x			
Dyreplankton												
Produksjonsgrunnlag/primærproduksjon				x	x	x	x	x	x	x		
Biologisk Mangfold			x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Klimaeffekter**			x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Introduserte arter			x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Forvaltningsplan		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

* for arter som er skadelig for fisk

** primært sporing av varmekjære arter

*** i henhold til Norsk standard, overvåkningsveiledere (VRD) og miljøklassifisering

**** målinger for kvalitetsvurdering av havmodeller og indirekte mot partikkelpredningsmodeller

Tabell 9.2. Oversikt over biologiske og hydromorfologiske (øverst) og fysisk-kjemiske (nederst) kvalitetselementer med tilhørende parameter og metodikk for basisovervåking av kystvann. Anbefalt standard for prøvetaking er gitt der dette finnes. I tillegg vises direktivets krav til frekvens og anbefalt frekvens i Norge (Norsk standard), samt anbefalt måletidspunkt og prøvested. Kvalitetselement som er markert med grå skrift er ikke krav i direktivet og kan utelates fra basisovervåkingen der dette kan forsvares. Parametere og anbefalt frekvens er i henhold til Vanddirektivet og rapporten ”Proposal for Design of a Norwegian Monitoring Network for Reference Sites” (Solheim m.fl. 2005a). Fra Pedersen og Dahl (2009).

Kvalitetselement	Parameter	Enhet	Metodikk prøvetaking	Metodikk Analyser	Frekvens-krav Basisov.	Anbefalt frekvens Basisov.	Måletids-punkt ¹	Prøvested
BIOLOGISK								
- <u>Planteplankton</u>	Artssammensetning Tetthet Biomasse (Klorofyll-a)	Taxa Celler pr liter µg/l eller mg/m ³	prNS 8429 OSPAR1987 -4	prNS 8429 NS 4767 ISO 10280	8 mnd ²¹	Årlig Årlig, min. 20 innsamlinger pr år. (Hver 2. uke i vekstsesong)	Feb-nov i Sør- Norge, Mars – okt i Nord-Norge ²²	Vannmasser standarddypp ²³
- <u>Makroalger og angiospermer</u>	Artssammensetning Dekningsgrad	Taxa: % dekning el. skala 1-5 mht. dekning av ulike arter. Meter	ISO/FDIS 19483	ISO/FDIS 19483	3 år	Årlig, 1 innsamling pr år	Sommer	Hardbunn, 0-30m
- <u>Makroinvertebrater: hardbunn</u> Optional. Ikke krav i VRD.	Nedre voksegrøse Artssammensetning, Dekningsgrad/tetthet	Taxa % dekning el. skala 1-5 mht. dekning av ulike arter	ISO/FDIS 19483	ISO/FDIS 19483	3 år	Årlig, 1 innsamling pr år	Sommer	Hardbunn, 0-30m
- <u>Makroinvertebrater: bløtbunn</u>	Artssammensetning Individitetthet TOC i sed. Kornstørrelse	Taxa Individer pr. 0,1 m ² mg/g, % < 63µm	ISO 18685	ISO 18685 Jowett 2006 Rygg 2006	3 år	Årlig, 1 innsamling pr år	Vår	Bløtbunn
HYDRO-MORFOLOGISK								
- <u>Tidevannsystem</u>	Tidevanns-forskjell Dominerende strømretning Ferskvannsgjennomstrømning Bølgeeksponering Dybdevariasjoner Mengde og struktur bunnsubstrat Tidevannssonens struktur				8 år	Hvert 6. år	Hele året	
- <u>Morfologiske forhold</u>						Hvert 6. år	Hele året	

²¹ Dvs 2 ganger innenfor det samme året i forvaltningsplanperiode (= 6år)

²² Bør omfatte algenes vekstsesong som er februar til november i Sør-Norge og mars til oktober i Nord-Norge.

²³ Standarddypp: 0m, (2m), 5m, 10m, 20m, 30m, 50m, 75m, 100m. Standarddypp anbefales normalt ved basisovervåking og trendovervåking ettersom algeførekommstene skal relateres til kjemiske parametre.

Kvalitetsselement	Parameter	Enhet	Metodikk prøvetaking	Metodikk Analyser	Direktivets frekvenskrav Basisoverv	Anbefalt frekvens Basisoverv	Måletidspunkt ¹	Prøvested
FYSISK-KJEMISK <u>- Temperaturforhold</u>	Temperatur	°C	In situ (elektrometri) NS 9425-3, prNS 9429		3 mnd	Årlig, min. 20 innsamlinger pr år. (Hver 2. uke i vekstsesong)	Hele året	Vannmasser, overflate-bunn
	- Salinitet		In situ (elektrometri) NS 9425-3, prNS 9429		3 mnd	Årlig, min. 20 innsamlinger pr år. (Hver 2. uke i vekstsesong)	Hele året	Vannmasser, overflate-bunn
- Oksygenforhold	Oppløst oksygen	mg O ₂ /l	In situ vannhenter OSPAR 1997-3	NS-ISO 5813	3 mnd	Årlig, min. 20 innsamlinger pr år. (Hver 2. uke i vekstsesong)	Hele året	Vannmasser, standarddypp
-Næringsstoffforhold	Total fosfor (Tot-P) Fosfat (PO ₄ -P) Total nitrogen (Tot-N) Nitrat+nitritt (NO ₃ +NO ₂ -N) Ammonium (NH ₄ -N) Silikat (SiO ₂ -Si) Klorofyll (KLA)	µg P/l µg P/l µg N/l µg N/l µg N/l µg Si/l µg/l	In situ vannhenter OSPAR 1997-2, prNS 9429	NS 4725 NS 4724 NS 4743 NS 4745 NS-EN ISO 14911 NS-EN ISO11885 NS 4787	3 mnd	Årlig, min. 20 innsamlinger pr år. (Hver 2. uke i vekstsesong)	Hele året	Vannmasser, ³⁴ standarddypp
-Siktedyp	Turbiditet Siktedyp	FNU Meter	In situ turbidim. Sikteskive	NS-EN ISO 7027		Årlig, min. 20 innsamlinger pr år. (Hver 2. uke i vekstsesong)	Hele året	
Andre forurensende stoffer					3 mnd			

³⁴ Standarddypp: 0m, (2m), 5m, 10m, 20m, 30m, 50m, 75m, 100m. Det er viktig at prøvedyp for kjemiske parametere og planktonalger er sammenfallende.

Tabell 9.3. Beregnede årlige kostnader (kNOK) for utvidet overvåking i Kyst, Hav og Arktis. Timesats: 1000 kr. Båttid: 160kNOK pr døgn, opparbeiding pH (karbon og alkalinitet) tar ca 120 timer per snitt.

Aktivitet/lokaltitet	Frekvens	Opparb. timer pr. enhet/tokt	Tokt-timer	Sum person kostnad	Båttid (timer)	Total sum	Kommentar
Kyst							
Prøvetaking og analyse av kjemiske og biologiske prøver (jfr VRD) på 14 stasjoner og 10 dyp pr.stasjon	12 x	275	-	3300	-	3300	Kostnad nyttet til innsamling er basert på bruk av lokale prøvetakere. Grad av overlapp og samkjøring vil påvirke summene (reduksjon)
Måling av kyststrømmen (transport)	1 x	200	10	210	6	550	Totalsum inkluderer drift av utstyr (300 kNOK)
Modellert transport av kystvann	-	100	-	100	-	100	NorKyst-800 havmodell
Totalsum for Kyst				3610	6	3950	
Hav							
Torungen-Hirtshals (10 dyp på utvalgte stasjoner)	12 x	100	-	1200	-	1200	Ekstra prøver av kjemiske og biologiske parametre (plante- og dyreplankton)
Utsira-Start Point (10 dyp på utvalgte stasjoner)	6 x	100	-	600	-	600	Ekstra prøver av kjemiske og biologiske parametre
Hanstholm-Aberdeen (10 dyp på utvalgte stasjoner)	4 x	100	-	400	168	1500	Reetablering av snittet. Ekstra prøver.
Bruk av satellittdata	-	-	-	100	-	100	Bør utredes
Bruk av modelldata	-	-	-	100	-	100	Vurderes utredes
Totalsum for Hav				2400	168	3500	
Arktis							
Polhav snitt	1 x	170	24	194	24	354	Nytt snitt med full opparb.
Volumtransport Polhav	1 x	200	10	210	6	550	Totalsum inkluderer drift av utstyr (300 kNOK)
Svinøy forlenget	1 x	170	48	118	48	438	Utvidet snitt med opparbeiding av N,Kl,Pip,Zpl,O,pH.
Vardø-N forlenget	1 x	150	24	174	24	334	Utvidet snitt med opparbeiding av N,Kl,Pip,Zpl,pH
Svinøy, Gimsøy, Bjørnøya-V, Fugløya-Bjørnøya, Vardø N	4-6 x	5 + (120 t en gang for pH)	-	725	-	725	Ekstra parametre (O, pH), der pH tas en gang per snitt
Regional dekning NH og BH	1-2 x	60	72	192	72	672	20 stasjoner per dekning, opparbeiding N,Kl,Pip,Zpl
Argo bøyer	1 x	-	-	600	-	600	Utsetting av 3 bøyer årlig
Bruk av satellittdata	1 x	-	-	100	-	100	Bør utredes
Bruk av modelldata	1 x	-	-	100	-	100	Vurderes utredes
Totalsum for Arktis				2413	174	3873	

Retur: Havforskningsinstituttet, Postboks 1870 Nordnes, NO-5817 Bergen



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
Institute of Marine Research

Nordnesgaten 50 – Postboks 1870 Nordnes
NO-5817 Bergen
Tlf.: +47 55 23 85 00 – Faks: +47 55 23 85 31
E-post: post@imr.no

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
AVDELING TROMSØ

Sykehusveien 23, Postboks 6404
NO-9294 Tromsø
Tlf.: +47 77 60 97 00 – Faks: +47 77 60 97 01

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
FORSKNINGSSTASJONEN FLØDEVIGEN

Nye Flødevigveien 20
NO-4817 His
Tlf.: +47 37 05 90 00 – Faks: +47 37 05 90 01

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
FORSKNINGSSTASJONEN AUSTEVOLL

NO-5392 Storebø
Tlf.: +47 55 23 85 00 – Faks: +47 56 18 22 22

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
FORSKNINGSSTASJONEN MATRE

NO-5984 Matredal
Tlf.: +47 55 23 85 00 – Faks: +47 56 36 75 85

AVDELING FOR SAMFUNNSKONTAKT
OG KOMMUNIKASJON

Public Relations and Communication
Tlf.: +47 55 23 85 00 – Faks: +47 55 23 85 55
E-post: informasjonen@imr.no

www.imr.no

