

# Eutrofiering i kystvann og fjorder på Skagerrakkysten

Etter mange år med høye verdier av næringssalter langs Skagerrakkysten, høy produksjon og påfølgende problemer med lave oksygenivåer i fjordene, ser det nå ut som om verdiene er på vei tilbake mot naturlige nivåer.

LARS-JOHAN NAUSTVOLL (lars.johan.naustvoll@imr.no) og JAN AURE

Næringssalter er et samlebegrep som benyttes om flere uorganiske forbindelser. I marine områder er det først og fremst nitrogen (nitrat og nitritt), fosfat og silikat som inkluderes i dette begrepet. Næringssalter er naturlige komponenter som frigis når organismer dør, fra forvitring av stein eller fra atmosfæren. Næringssalter, og da spesielt nitrogenforbindelser, tilføres også med avrenning fra land. I slike situasjoner vil næringssalter (nitrogen, silikat og fosfat) fra et stort nedbørsfelt føres med elvevann til havet. Når et havområde tilføres store mengder med næringssalter, omtales dette som eutrofiering.

Kyst- og fjordområdene i Skagerrak har relativt store lokale og langtransporterte tilførsler av næringssalter. Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif, tidligere Statens forurensningstilsyn) definerer området som eutrofiopåvirket område. Området tilføres langtransporterte næringssalter fra Nordsjøen, Tyskebukta og Østersjøen, samt næringssalter fra lokale elver og landområder. Hvilke kilder som vil være av størst betydning for næringssaltkonsentrasjonen i et gitt område, er avhengig av en rekke forhold og vil variere mellom årene.

## Næringssalter i kystvannet i Skagerrak

Konsentrasjonene av næringssalter økte jevnt i kystvannet langs Skagerrakkysten fra slutten av 1970-tallet frem til midten av 1990-tallet. De siste 15 årene er det observert en gradvis reduksjon. Blant annet var nitrogenverdiene vinteren og våren 2009 svært lave sammenlignet med forholdene på 1990-tallet. Dette er en positiv utvikling i et kystområde som lenge har slitt med forhøyede næringssaltkonsentrasjoner. Videre reduksjon eller stabilisering av langtransporterte næringssalter kan bedre miljøforholdene både i kystvannet og fjordene langs Skagerrakkysten.

Transporten av vann fra Tyskebukta til Skagerrak er i stor grad avhengig av vindretningen, og kan derfor variere fra år til år. Selv om andelen av vann fra Tyskebukta til de øverste 30 meterne i kystvannet i Skagerrak er forholdsvis beskjeden (ca. 20 %), fører de høye næringssaltkonsentrasjonene til at bidraget av f.eks. nitrat til kystvannet om vinteren og våren er betydelig (ca. 75 %).

### Mindre nitrat

Tidligere er det rapportert at nitratverdiene i kystvannet i Skagerrak nesten ble doblet fra 1980 til 1995. Dette skyldtes i stor grad en økning i tilførslene av nitrat fra Tyskebukta. Etter 1995 er nitratkonsentrasjonene både i Tyskebukta og langs kysten av Skagerrak gradvis redusert. Nå er konsentrasjonene i ferd med å nærme seg samme nivå som i perioden 1975–1980.

Overvåkingen langs det faste snittet Torungen–Hirtshals gir god innsikt i miljø- og klimaforholdene i Skagerrak og kystvannet. Figur 1 viser utviklingen i næringssaltkonsentrasjonene i kystvannet på norsk og dansk side av Skagerrak (stasjonene 201 og 257). Forbruket av næringssalter i kyst-

vannet er stort under våroppblomstringen fra februar til mai. Til tross for dette ble det etter 1980 observert en betydelig økning i f.eks. nitratverdiene grunnet de økte tilførslene av næringssalter, spesielt fra den sørlige Nordsjøen. Mellom januar og mai 2009 var både fosfat- og nitratverdiene i kystvannet ved Torungen betydelig lavere enn for perioden 1980–1995. Observasjoner langs den danske vestkysten i 2009 viste at de lave næringssaltverdiene både var knyttet til redusert innstrømming av vann fra sørlige Nordsjøen og forholdsvis lave nitratverdier.

### Positiv utvikling

Stort overskudd av nitrogen i forhold til fosfor (høyt N/P-forhold) er antatt å føre til økt risiko for oppblomstring av skadelige alger. De økte nitrogentilførslene resulterte i en endring av forholdet mellom nitrogen og fosfor (N/P). Fra 1975 til 1980 var N/P-forholdet ca. 18. Det økte til ca. 60 i perioden 1990–1995. De reduserte tilførslene av nitrogen fra Tyskebukta etter 1995 førte til at gjennomsnittlig N/P-forhold ble redusert til ca. 30 etter år 2000.

**Figur 1. Månedlige observasjoner av midlet for de øvre 30 meter utenfor Torungen fyr ved Arendal (stasjon 201) og øvre 25 m utenfor Hirtshals (stasjon 257) i 2009 for fosfat ( $\text{PO}_4$ ), nitrat + nitritt ( $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ ), forholdet mellom nitrat og fosfat (N/P) og klorofyll *a* (Chl-*a*). De heltrukne linjene viser langtidsmiddel for 1980–1995 på stasjon 201 og på stasjon 257 (1988–1995).**

Lavere N/P-forhold i kystvannet de senere år skulle dermed indikere lavere risiko for oppblomstring av skadelige alger. N/P-forholdet i kystvannet i 2009 var også betydelig lavere enn gjennomsnittet for perioden 1980–1995 hvor det var betydelig større tilførsler av næringsrikt vann fra den sørlige Nordsjøen. Dette er en positiv utvikling i et kystområde av Norge som har slitt med forhøyede nærings-saltkonsentrasjoner over lengre tid. En videre reduksjon eller stabilisering av langtransporterte nærings-salter vil kunne bedre miljøforholdene både i kystvannet og fjordene i Skagerrak.

### Næringssaltene påvirker oksygenet i fjordene

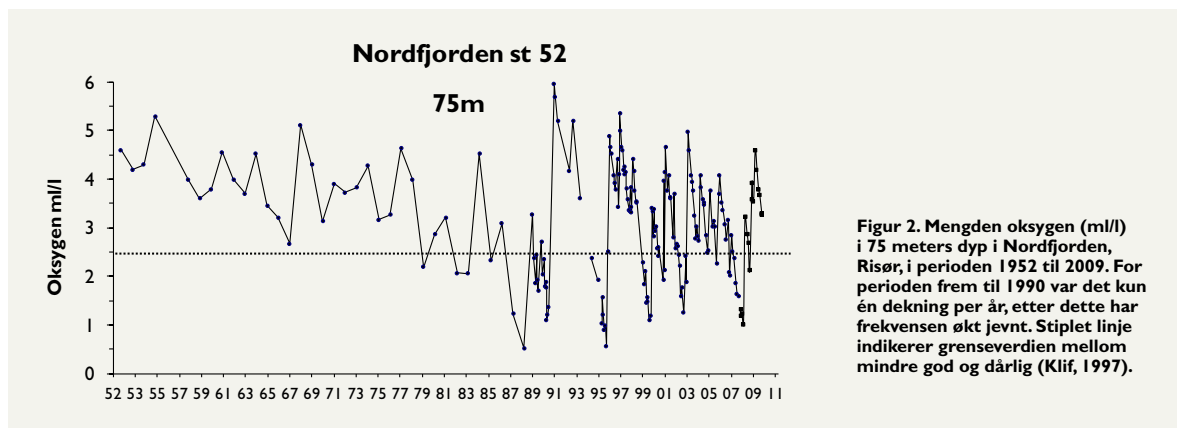
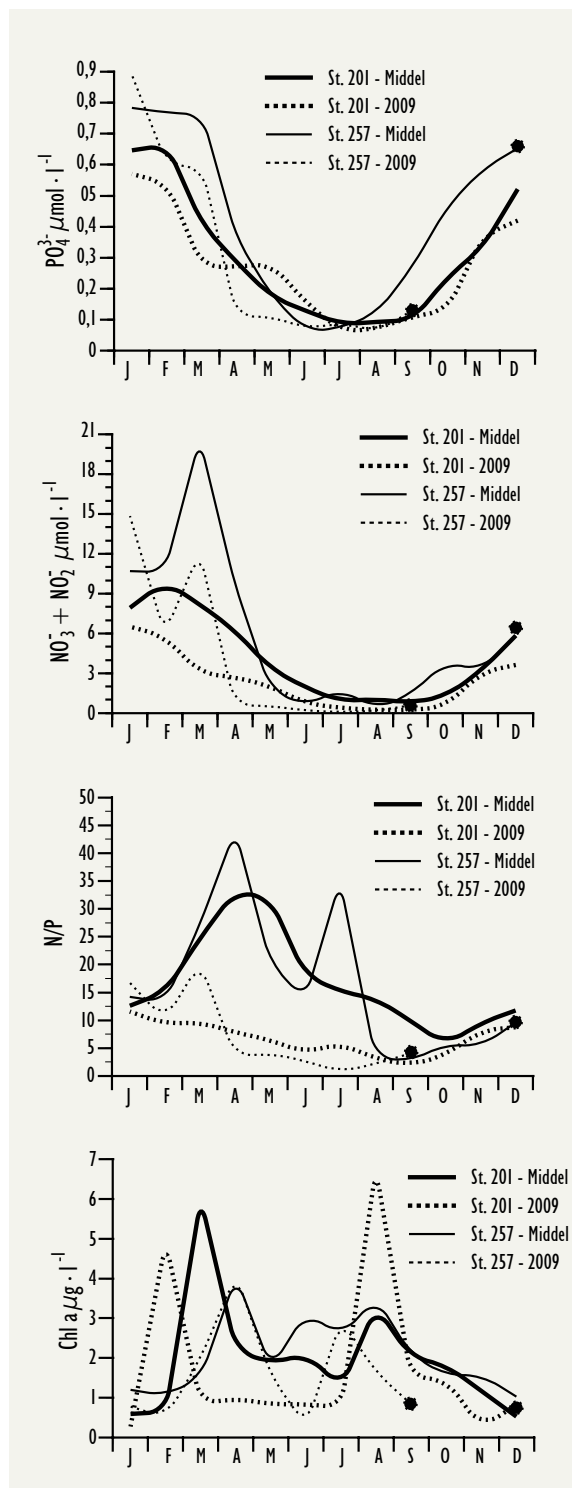
Den økte tilførselen av nærings-salter og organisk materiale fra den sørlige Nordsjøen, Kattegat/Østersjøen og indre Skagerrak førte til forverrete oksygenforhold i fjord- og kystbassengene langs Skagerrakkysten. En del fjordbasseng er også påvirket av lokale tilførsler.

Studier av utviklingen i oksygenforholdene har vist en klar nedgang i oksygenmengden etter 1980. Nordfjorden ved Risør har et terskeldyp på ca. 30 meter og benyttes som referansebasseng for overvåking av den organiske belastningen fra kystvannet på fjordbassengene i indre Skagerrak. Oksygenforbruket og dermed den organiske belastningen i fjordbassengene på Sørlandskysten har økt betydelig etter 1980. I Nordfjorden økte oksygenforbruket i 50 til 75 meters dyp med nærmere 90 % rundt 1980.

### Bunndyrarter døde

Det økte oksygenforbruket førte til forverrete oksygenforhold (mengde oksygen i vannet) i en rekke fjord- og kystbasseng langs Skagerrakkysten. Spesielt de laveste oksygenverdiene er avgjørende for økosystemets utvikling. Laveste oksygenkonsentrasjon i 75 meters dyp i Nordfjorden ble redusert fra ca. 3,0 ml/l før 1978 til 0,5–1,0 ml/l etter 1980 (figur 2) som følge av økt organisk belastning. Dette førte til at 50–90 % av bunndyrartene døde ut, og vekstforholdene for reker og fisk i fjordbassenget ble dårligere.

I 2009 var det fortsatt et unormalt høyt oksygenforbruk både i Nordfjorden ved Risør og i de andre fjord- og kystbassengene på Sørlandskysten. Innstrømning av friskt, oksygenrikt vann til Nordfjorden vinteren og våren 2009 førte imidlertid til forholdsvis høye oksygenverdier senhøstes 2009 (3,5 ml/l).



**Figur 2. Mengden oksygen (ml/l) i 75 meters dyp i Nordfjorden, Risør, i perioden 1952 til 2009. For perioden frem til 1990 var det kun én dekning per år, etter dette har frekvensen økt jevnt. Stiplet linje indikerer grenseverdien mellom mindre god og dårlig (Klif, 1997).**

# Grenlandsfjordene – et eutrofiert fjordområde

Store lokale tilførsler av næringssalter til Grenlandsfjordene fører til overkonsentrasjoner i vinterverdiene av nitrat og høye klorofyll *a*-verdier i sommerhalvåret. Observasjonene i Grenlandsfjordene mellom 2000 og 2009 viser at miljøtilstanden i øvre vannlag var mindre god.

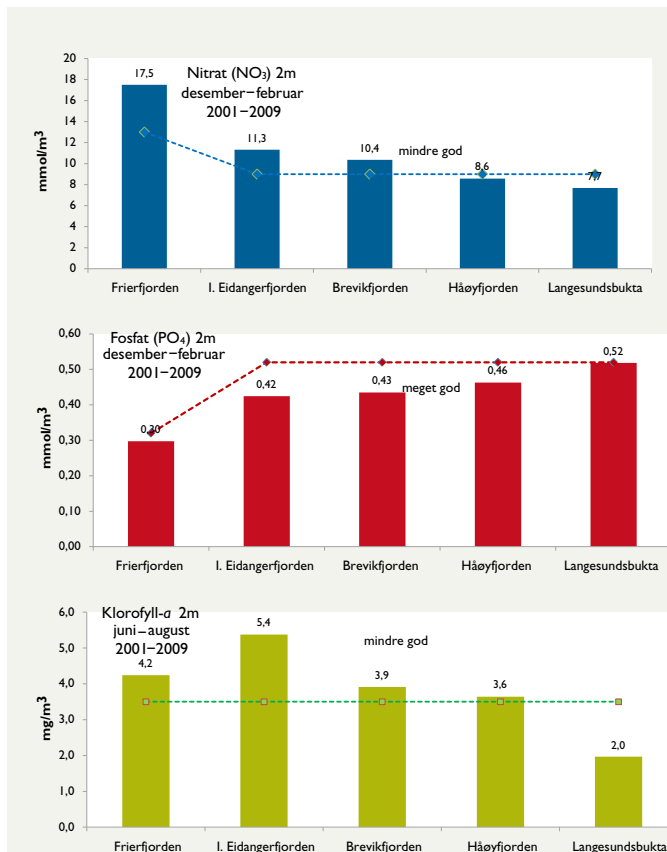
Tilførslene av næringssalter til Grenlandsfjordene er størst i Frierfjorden, og dominert av tilførslene fra Skienselva og industri. Årlig tilførsel av nitrogen og fosfor er henholdsvis ca. 4000 tonn og ca. 90 tonn, ca. 6 % av dette er menneskeskapt. Grenlandsfjordene har rundt tre ganger større tilførsler av næringssalter per kilometer kystlinje enn den gjennomsnittlige tilførsel for hele kystområdet mellom svenskegrensen og Lindesnes. De siste 50–70 år har Havforskningsinstituttet overvåket miljøforholdene (hydrografi og oksygen) i en rekke fjorder langs den norske Skagerrakkysten, inkludert Grenlandsfjordene, i forbindelse med høstundersøkelsene i september og oktober. Fra 2000 utvidet instituttet måleprogrammet i Grenlandsfjordene til månedlige observasjoner av hydrografi, oksygen, næringssalter og klorofyll *a* (fra 2007 i samarbeid med Klif og Fagrådet for Ytre Oslofjord).

## Næringssalter

Vinterverdiene av næringssalter i overflatelaget er lite påvirket av planteplankton og gir derfor et godt bilde av påvirkningsgraden fra lokale næringssalttilførsler til Grenlandsfjordene. Midlere nitratverdier i Frierfjorden for perioden desember–februar var 17,7 mmol/m<sup>3</sup>, som er over grensen for miljøtilstand mindre god (figur 3). I det direkte influensområdet til Frierfjorden, Eidangerfjorden og Brevik-/Langesunds fjorden, var det også mindre god miljøtilstand med midlere nitratverdier på 10–11 mmol/m<sup>3</sup>. I Håøyfjorden nærmere kysten og i kystvannet utenfor Grenlandsfjordene (Langesundsbukta) var det gode forhold med midlere vinterverdier av nitrat på henholdsvis 8,6 og 7,7 mmol/m<sup>3</sup>. Observasjonene viser dermed at tilførslene av nitrogen til Frierfjorden i perioden 2000–2009 førte til en betydelig økning av vinterverdiene av nitrat i Grenlandsfjordene. Grenlandsfjordene var lite påvirket av fosfortilførslene fra land, i motsetning til nitrogen, og midlere vinterverdier av fosfat var lavere enn 0,5 mmol/m<sup>3</sup> (figur 3), som er øvre grense for meget god miljøtilstand. Fosfatverdiene økte også fra Frierfjorden mot Langesundsbukta på grunn av en gradvis innblanding av mer fosfatrikt kystvann.

## Klorofyll *a*

Klorofyll *a* er et mål for planteplanktonbiomassen. Planteplanktonet er avhengig av næringssalter (nitrogen og fosfat) for å øke biomassen. Andre faktorer som temperatur og stabilitet er også viktig. Lokale tilførsler kan også påvirke den årlige biomassesuksessjonen i planteplanktonet, og man finner store forskjeller mellom påvirkede og upåvirkede områder i perioder av året. De store tilførslene av næringssalter (nitrogen) førte til en markert økning i planteplanktonproduksjonen i Grenlandsfjordene med midlere sommerverdier av klorofyll *a*, omtrent dobbelt så høye som i kystvannet i Langesundsbukta (figur 3). De høyeste sommerverdiene ble observert i indre Eidangerfjorden på 5,4 mg/m<sup>3</sup>, mens det var noe lavere verdier i Frierfjorden, Brevik-/Langesunds fjorden og Håøyfjorden på mellom 3,6 og 4,2 mg/m<sup>3</sup>. I alle Grenlandsfjordene var det mindre gode miljøforhold med



Figur 3. Midlere verdier av a) nitrat (NO<sub>3</sub>), b) fosfat (PO<sub>4</sub>) og c) klorofyll *a* i 2 m dyp i Frierfjorden, indre Eidangerfjorden, Brevik-/Langesunds fjorden, Håøyfjorden og Langesundsbukta for perioden 2000–2009. Klifs grenser for miljøtilstand er markert (Klif, 1997).

hensyn til klorofyll *a*, mens det i Langesundsbukta var tilnærmet meget gode forhold (2 mg/m<sup>3</sup>) når vi ser på midlere verdi for hele perioden. De gode produksjonsforholdene i indre og midtre deler av fjordsystemet på sommeren skyldes lokal tilførsel av næringssalter på et tidspunkt på året hvor det i åpne, upåvirkede områder er lavere mengder næringssalter (jf. Langesundsbukta).