

# Trender i tilførsler av næringsstoffer og metaller til norske kystområder 1990-2009

Av Eva Skarbøvik, Per Stålnacke, Øyvind Kaste og Kari Austnes

Eva Skarbøvik er seniorforsker og Per Stålnacke er forskningsleder, begge ved Bioforsk. Øyvind Kaste er forskningsleder og Kari Austnes er forsker, begge ved NIVA.

## Summary

**Trends in nutrient and metal loads to Norwegian coastal areas 1990-2009.** The Riverine Inputs and Direct Discharges Programme (RID) of the OSPAR Commission for Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, reports annual loads to the sea from rivers and point sources (industry, sewage and fish farming). The Norwegian RID database has recently been thoroughly quality assessed, which has enabled more reliable trend analyses for the 20-year period 1990-2009. Thus, in this paper time trends are presented for loads to the sea of total nitrogen, total phosphorus, copper, zinc and lead. The results show that there has been an increase in total loads to the sea of total nitrogen, total phosphorus and copper; the main reason for this is fish farming along the coast. At the same time, phosphorus discharges from sewage treatment plants in the Skagerrak region are more than halved. The total loads to the sea of zinc and lead have also decreased. The study has demonstrated that measures to reduce discharges from sewage treatment plants and industrial units have contributed to reduced loads of pollution to the sea, but at the same time the increase in aquaculture along the coast represents a growing risk of pollution, and is now the main source of phosphorus, nitrogen and copper in many coastal areas.

## Sammendrag

I Elvetilførselsprogrammet (RID) beregnes tilførsler til kystområdene fra elver og punktkilder (industri, renseanlegg og akvakultur). Det er nå utført et omfattende arbeid med å kvalitetssikre RID-data tilbake til 1990, noe som har muliggjort nye analyser av tilførselstrender for 1990-2009. I denne artikkelen presenteres derfor tidstrender av tilførsler til norske kystområder av total nitrogen, total fosfor, kobber, sink og bly. Resultatene viser at tilførslene av total nitrogen, total fosfor og kobber har økt i 20-årsperioden, hovedsakelig pga. utslipp fra akvakultur langs kysten. Samtidig har fosforutslippene fra renseanlegg til Skagerrak blitt mer enn halvert. De totale sink- og blytilførslene har også gått ned. Undersøkelsen demonstrerer at rensetiltak innen industri og kloakk til en viss grad har bidratt til å redusere forurensningstilførsler til kysten, men samtidig utgjør fiskeoppdrett en økende forurensningsfare, og representerer flere steder den største kilden til næringsstoffer og kobber.

## Innledning

Siden 1990 har Elvetilførselsprogrammet (RID<sup>1</sup>) sørget for innsamling av vannkjemiske data fra

<sup>1</sup> RID står for Riverine Inputs and direct Discharges. RID-programmet er en del av Oslo-Paris konvensjonen (OSPAR), hvis formål er å overvåke tilførsler fra europeiske land til Nord-Atlanteren ([www.ospar.org](http://www.ospar.org)). Miljødirektoratet finansierer dette programmet i Norge.

norske elver, samt utslippsdata fra kloakkrensingsanlegg, industri og fiskeoppdrett (Skarbøvik *et al.* 2011, 2012a). Disse dataene har blitt benyttet til å beregne tilførsler av næringsstoffer, metaller og pesticider til norske kystområder. Tidligere studier har vist at slike data fra lange måleserier kan være nyttige for flere formål, bl.a. for vurdering av trender i både langtransporterte og lokale forurensningskilder (Howarth *et al.* 1996; Littlewood & Marsh 2005; Iital *et al.* 2010; Bouraoui & Grizzetti 2011; Skjelkvåle *et al.* 2001).

En evaluering av det britiske RID-programmet viste imidlertid at flere parametere i dataserien ikke kunne brukes i analyser av trender (Littlewood *et al.* 1998). Blant årsakene til dette var hull i dataseriene til enkelte stoffer, høy andel av verdier under deteksjonsgrensen, store endringer i deteksjonsgrenser over tid, lav prøvetakingsfrekvens eller problemer med uforklarlige ekstremverdier. Behovet for å utvise forsiktighet ved bruk av data fra slike langtidsserier er også blitt påpekt i andre sammenhenger i RID-programmet (f.eks. OSPAR Commission 2009). I løpet av de siste årene er det derfor gjennomført en grundig gjennomgang av det norske RID-datasettet, hvor feil og mangler er utbedret så langt det har vært mulig. Dette arbeidet er i sin helhet beskrevet i Stålnacke *et al.* (2009). Ett av resultatene er at RID-data nå er adskillig mer egnet til bruk i bl.a. trendanalyser enn tidligere.

Tilsvarende som i analysen av det engelske datasettet for RID (Littlewood *et al.* 1998), ble det ved gjennomgangen av det norske datasettet klart at ikke alle målte parametere egner seg i trendanalyser. I denne artikkelen demonstreres derfor trendanalyser (1990-2009) av utvalgte parametere fra RID-programmet; nærmere bestemt av næringsstoffene total nitrogen og total fosfor, og metallene kobber, bly og sink. Trender er gitt både for totale tilførsler til norskekysten og fordelt på de fire norske kystområdene Skagerrak, Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet.

## Metodikk

### Overvåkingsnett og modellering

I Norge er det totalt 247 større elver som drenerer til kysten, og RID-programmet overvåker i dag 46 av disse, tabell 1. I perioden 1990-2003 ble ytterligere 109 vassdrag overvåket, men kun med én stikkprøve per år. Det som i denne artikkelen omtales som totale elvetilførsler er basert på data fra 10 elver målt ca. månedlig 1990-2009; 36 elver målt kvartalsvis 2004-2009 og én gang i året 1990-2003; samt 109 elver målt en gang i året fra 1990-2003, deretter beregnet, se tabell 1. Umålte nedbørfelt omfatter 92 elver som aldri er blitt overvåket av RID-programmet, mindre kystvassdrag, samt områder nedstrøms målestasjonene i de overvåka vassdragene.

Type vassdrag	Antall	Dekningsgrad <sup>1</sup>		
Totalt antall større elver som drenerer til norske kystområder	247	ca. 100% <sup>2</sup>		
Elver som overvåkes minst hver måned	10	30%	55%	70%
Elver som overvåkes hvert kvartal siden 2004, før det én gang per år (1990-2003)	36			
Elver som ble overvåket én gang per år 1990-2003, tilførsler er siden blitt beregnet ved modellering <sup>3</sup> eller ekstrapolering <sup>4</sup>	109			
Umålte nedbørfelt. Tilførsler av næringsstoffer modelleres <sup>3</sup> ; metalltilførsler beregnes ikke.	92	30%		

<sup>1</sup> Nedbørfeltenes dekningsgrad i forhold til totalt landareal som drenerer til kysten.

<sup>2</sup> Disse elvene dekker ikke hele arealet siden det også finnes mindre elver og kystområder utenom nedbørfeltene til de større elvene.

<sup>3</sup> Teotil-modellen (Tjomsland og Bratli 1996).

<sup>4</sup> Ekstrapolering utføres ved å multiplisere årets vannføring (vannvolum) med konsentrasjonssnitt for perioden 1990-2003 (for tungmetallene brukes perioden 2000-2003).

Tabell 1. Norske vassdrag som drenerer til kysten, og type overvåking/modellering i RID-programmet.

Direkte tilførsler i RID-programmet omfatter tilførsler fra punktkilder som industri, kloakkrensaneanlegg og fiskeoppdrettsanlegg. Kun direkte tilførsler nedenfor målestasjonene eller i umålte felt registreres, fordi direkteutslipp oppstrøms målestasjonene fanges opp av vannprøvene som tas i elvene. Data for punktkilder hentes fra Databasen «Forurensning» som driftes av Miljødirektoratet (industri), Statistisk sentralbyrås (SSBs) database KOSTRA (avløpsanlegg og spredt avløp), Statens rapporteringssystem Altinn (månedlige produksjonsdata for fiskeoppdrett, data tilrettelegges for prosjektet av Fiskeridirektoratet) og beregnede utslipp av kobber fra fiskeoppdrett fra Miljødirektoratet. Prøvetakingsfrekvensen for punktkilder varierer mye fra enhet til enhet.

Det som i RID-programmet, og i denne artikkelen, omtales som «totale tilførsler» omfatter følgende:

- Elvetilførsler<sup>2</sup>
- Direkteutslipp fra renseanlegg
- Direkteutslipp fra industri
- Direkteutslipp fra akvakultur (kun kobber av metallene)
- Diffus avrenning fra umålte nedbørfelt (metaller beregnes ikke)

## Parametere og datakvalitet

Overvåkingen i RID-programmet i perioden 1990–2009 omfattet følgende parametere: Seks fraksjoner av næringsstoffer (totalfosfor, ortofosfat, total nitrogen, ammonium, nitrat og silikat); åtte tungmetaller (kobber, sink, kadmium, bly, krom, nikkel, kvikksølv og arsen); ett pesticid (lindan); sju PCB-stoffer (PCB7); og fire andre parametere (suspendert partikulært materiale, pH, ledningsevne og totalt organisk karbon). Trendanalyser krever et datamateriale som er sammenlignbart fra år til år. Basert på arbeidet til Stålnacke et al. (2009) hvor RID-data ble gjennomgått og kvalitetssikret, er følgende stoffer valgt ut til trendanalyser i denne artikkelen: Total nitrogen, total fosfor, kobber, bly og sink. I forhold til de øvrige parameterne har disse fem stof-

<sup>2</sup> Elvetilførsler inkluderer alle oppstrøms punktkilder i tillegg til diffus avrenning, men det er ikke skilt mellom ulike kilder her.

fene hatt relativt små endringer i analytiske deteksjonsgrenser over tid, og det er tilsvarende relativt få observasjoner under den analytiske deteksjonsgrensen. For disse fem parameterne er det også få hull og mangler i dataseriene. Slike mangler i dataseriene gjelder for øvrig særlig for direkte tilførsler, hvor følgende metode ble benyttet for å få sammenhengende serier: Der et punktutslipp (f.eks. en industribedrift) var operativ men ikke rapporterte utslipp et år, ble det antatt at dette skyldtes manglende rapportering og ikke manglende utslipp; i slike tilfeller ble utslippsmengdene interpolert mellom år. En tilsvarende metode ble brukt for totalfosfor (TP) i elver i perioden 1999–2003; i denne perioden ble det benyttet et annet laboratorium enn i de øvrige årene, og dette ser ut til å være årsaken til at TP-verdiene var svært avvikende i disse årene (se f.eks. Krogstad et al. 2013). Dataserien for TP i disse årene ble derfor erstattet av interpolerte verdier.

## Metodikk for trendanalyser

Vanlige regresjonsanalyser er sjelden egnet for tidstrendanalyser. I stedet er forskjellige varianter av Mann-Kendall-tester utviklet. Dette er ikke-parametriske tester for påvisning av trender i en tidsserie. Disse testene er mye brukt i miljø- og vannfag, fordi de er enkle, robuste og kan takle manglende verdier, ikke normalfordelte data og verdier under deteksjonsgrensen. Testene er bl.a. robuste for såkalte utliggere, verdier som skiller seg vesentlig fra de andre verdiene, manglende verdier og autokorrelasjon. Med det siste menes at observasjoner som ligger nær hverandre i tid kan ha en tendens til å være mer lik hverandre enn observasjoner som ligger fjernt i tid. Mange former for statistisk analyse krever uavhengige observasjoner; autokorrelasjon er derfor ikke ønskelig. Den brukte metodikken i denne studien tar høyde for slik autokorrelasjon.

Siden det første forslaget til test av Mann (1945) og Kendall (1975), ble testen utvidet for å inkludere sesongvariasjoner (Hirsch & Slack, 1984), flere overvåkningsstasjoner (Lettenmaier, 1988) og kovariater (forklaringsvariabler) som f.eks. tar høyde for naturlige svingninger i tidsserien (Libiseller & Grimvall, 2002). Bakgrunnen

for den siste metoden, også kalt "partial Mann-Kendall" (PMK) er at vær og hydrologiske forhold påvirker tidsserier for vannkvalitet. Trendanalysene i denne rapporten er utført med denne PMK-metoden med vannføring som forklaringsvariabel for å ta høyde både for eventuelle trender i vannføring, samt korrelasjoner mellom vannkvalitet og vannføring.

Det er blitt testet for signifikans av monotone trender (ikke kun lineære) av totale års-tilførsler. Monotone trender blir ansett for å være statistisk signifikante hvis p-verdien er under 5% (dobbeltsidig test).

Følgende fargekoder, med angitte p-verdier, er benyttet for å tydeliggjøre signifikante trender i datamaterialet:

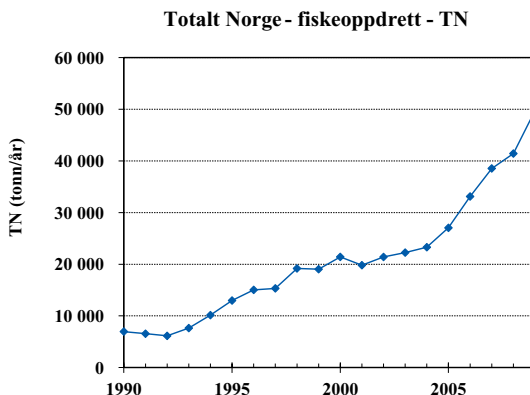
Stor statistisk signifikant reduksjon ( $p < 0,01$ )
Statistisk signifikant reduksjon ( $0,01 < p < 0,05$ )
Stor statistisk signifikant økning ( $p < 0,01$ )
Statistisk signifikant økning ( $0,01 < p < 0,05$ )

## Resultat

### Total nitrogen (TN)

I løpet av perioden 1990-2003 holdt nitrogen-tilførslene til norskekysten seg relativt stabile på om lag 100 000-130 000 tonn TN/år; men de økte markant etter 2004, til ca. 160 000 tonn TN/år i 2009. Samtidig var det en statistisk signifikant økning av direktetilførsler fra fiskeoppdrett til Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet, tabell 2.

Totalt for landet økte utslippene fra fiskeoppdrett fra rundt 20 000 tonn/år i perioden 2000-2005 til nesten 50 000 tonn i 2009, figur 1.



Figur 1. Tilførsler av total nitrogen fra fiskeoppdrett til norske kystområder.

I Skagerrak-området er det mindre andel fiskeoppdrettsanlegg enn i de tre andre havområdene. Selv om utslippene fra fiskeoppdrett økte også her, skjedde det samtidig en reduksjon i utslipp fra renseanlegg og industri. Det er særlig industriutslippene som har gått ned, figur 2. I dette området kommer imidlertid ikke de største nitrogen-tilførslene fra direkte utslipp til kysten men fra de store elvene.

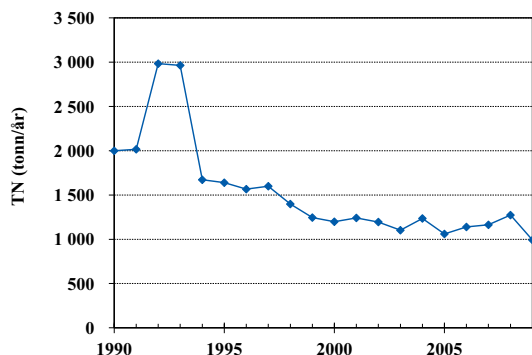
Når det gjelder totale elvetilførsler av TN er det ingen signifikante trender. For enkeltelver finnes det imidlertid eksempler på nedadgående trender (f.eks. Skienselva, Vefsna og Alta), mens

Total nitrogen					
Kilde	Totalt Norge p-verdi	Skagerrak p-verdi	Nordsjøen p-verdi	Norskehavet p-verdi	Barentshavet p-verdi
Elvetilførsler	0,948	0,194	0,243	0,299	0,218
Renseanlegg	0,097	0,047	0,974	0,721	0,581
Industri	0,000	0,000	0,299	0,746	0,014
Akvakultur	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000
Totale direktetilførsler	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000
Umålte felt*	0,136	0,650	0,105	0,270	0,516
Totale tilførsler	0,001	0,697	0,004	0,000	0,001

\* Modellert

Tabell 2. Statistiske trender (p-verdier) for tilførsler av total nitrogen 1990-2009.

SKAGERRAK - Industri



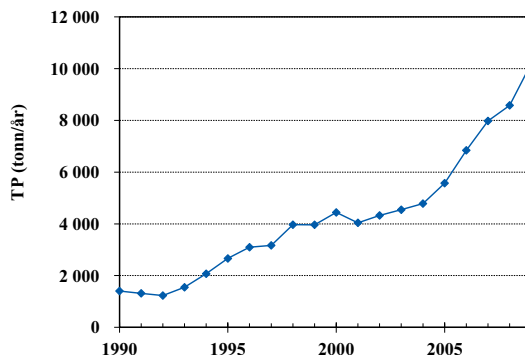
Figur 2. Tilførsler av total nitrogen fra industri til Skagerrak.

det for andre kan sees oppadgående trender (f.eks. Numedalslågen), men sumeffekten blir at det ikke har vært signifikante endringer i elvetilførslene verken for Norge totalt eller for hvert av de fire kystområdene.

### Total fosfor (TP)

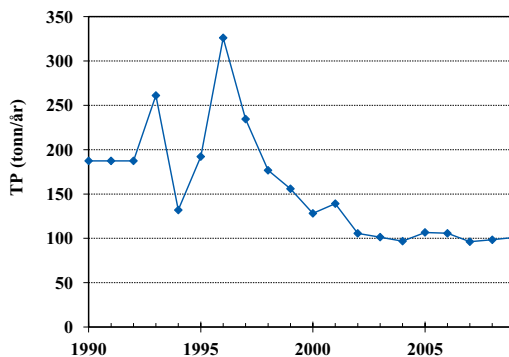
Det er en statistisk signifikant økning i tilført TP til Nordsjøen, Norskehavet, Barentshavet og totalt for Norge siden 1990, tabell 3. Totale tilførsler har økt fra 4000-5000 tonn på begynnelsen av 90-tallet til mellom 9 000-13 000 tonn i årene 2005-2009. Som for TN skyldes dette en økning i tilførsler fra fiskeoppdrett: Tilførslene fra denne sektoren økte fra rundt 1200-1500 tonn på begynnelsen av 90-tallet til 10 000 tonn i 2009, figur 3.

Totalt Norge - Fiskeoppdrett - TP



Figur 3. Tilførsler av totalfosfor fra fiskeoppdrett til norske kystområder.

SKAGERRAK - Renseanlegg - TP



Figur 4. Tilførsler av totalfosfor fra renseanlegg til Skagerrak.

Samtidig er det en mer enn 50% nedgang i fosforutslipp fra renseanlegg til Skagerrak, figur 4,

Totalfosfor					
Kilde	Totalt Norge p-verdi	Skagerrak p-verdi	Nordsjøen p-verdi	Norskehavet p-verdi	Barentshavet p-verdi
Elvetilførsler	0,897	0,299	0,897	0,218	0,897
Renseanlegg	0,380	0,000	0,626	0,871	0,673
Industri	0,974	0,845	0,870	0,795	
Akvakultur	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000
Totale direktetilførsler	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Umålte felt*	0,270	0,000	0,153	0,092	0,299
Totale tilførsler	0,000	0,330	0,000	0,000	0,000

\* Modellert

Tabell 3. Statistiske trender (p-verdier) for tilførsler av totalfosfor 1990-2009.

med en spesielt stor nedgang rundt årtusensskiftet. For elvetilførslene sett under ett er det ingen statistisk signifikant trend i TP, men en analyse av de elvene som overvåkes månedlig viste at Otra, Vefsna og Alta har hatt statistisk signifikante reduksjoner i TP i denne perioden (Skarbøvik *et al.* in press.).

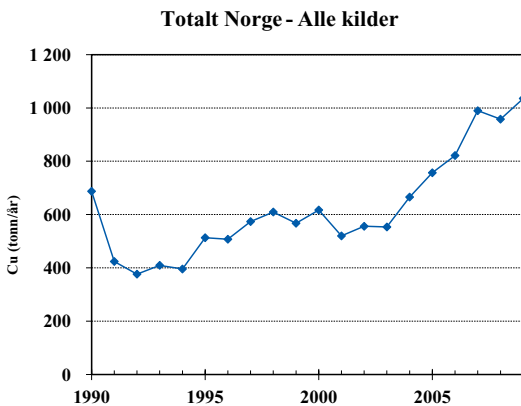
**Kobber**

Kobbertilførslene til norske farvann har økt kraftig i perioden 1990-2009, tabell 4 og figur 5, med unntak av Skagerrak. Tilførslene var relativt store i 1990 (rundt 700 tonn) før de sank til om lag 400 tonn i 1991. Deretter var det en gradvis økning til om lag 600 tonn/år frem til midten av 2000-tallet, før tilførslene økte til om lag 1000 tonn/år i perioden 2007-2009. Som for næringsstoffene skyldes denne økningen utslipp fra fiskeoppdrett, figur 6. Utslipp fra denne kilden har økt fra om lag 100

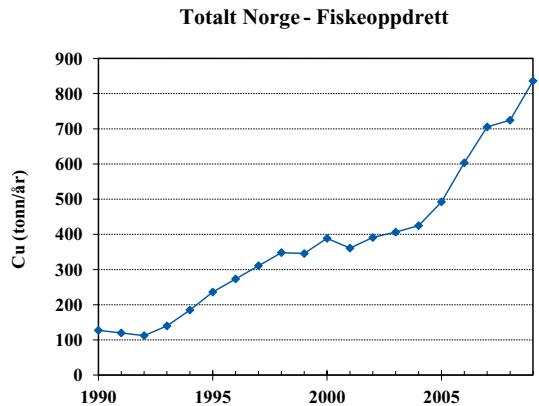
tonn/år på begynnelsen av 90-tallet til om lag 950 tonn i 2009. Produksjonen av oppdrettsfisk har økt kraftig i perioden og dermed har også antall merder som settes i sjøen økt. Merdene impregneres med kobberholdige komponenter for å hindre påvekst av alger og andre uønskete organismer. Selv om driftspraksis rundt håndtering og vask av merder er blitt forbedret, medfører økningen i antall oppdrettsanlegg at de totale utslippene øker.

På den annen side har kobberutslippene fra industri gått ned til alle kystområder, tabell 4. Dette skyldes hovedsakelig at det var relativt store tilførsler til Skagerrak-området i årene 1990-1991. I tillegg er det en tydelig nedgang i Norskehavet rundt årtusensskiftet. Fra kloakkrensaneanlegg var det imidlertid ingen statistisk signifikante endringer i noen av kystområdene.

Før perioden 1990-2009 som helhet er det en



Figur 5. Totale tilførsler av kobber til norske kystområder.



Figur 6. Tilførsler av kobber fra fiskeoppdrett til norske kystområder.

Kobber					
Kilder:	Totalt Norge p-verdi	Skagerrak p-verdi	Nordsjøen p-verdi	Norskehavet p-verdi	Barentshavet p-verdi
Elvetilførsler	0,011	0,650	0,330	0,000	0,746
Renseanlegg	0,137	0,224	0,054	0,099	
Industri	0,019	0,008	0,604	0,119	
Akvakultur	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000
Totale direktetilførsler	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000
Totale tilførsler	0,000	0,475	0,000	0,000	0,000

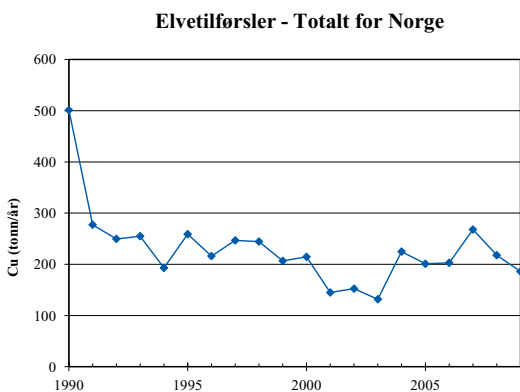
Tabell 4. Statistiske trender (p-verdier) for kobbertilførsler 1990-2009.

statistisk signifikant reduksjon for alt elvetilført kobber til kystområdene, figur 7. Nedgangen er spesielt stor i elver som drenerer til Norskehavet. Årsaken til dette er først og fremst at det var en større reduksjon i kobbertilførslene i Vefsna rundt 1999-2000. På samme tid gikk også bly- og nitrogentilførslene ned. Lokal forvaltning er kontaktet, men det er foreløpig ingen som har kunnet gi noen forklaring på denne nedgangen.

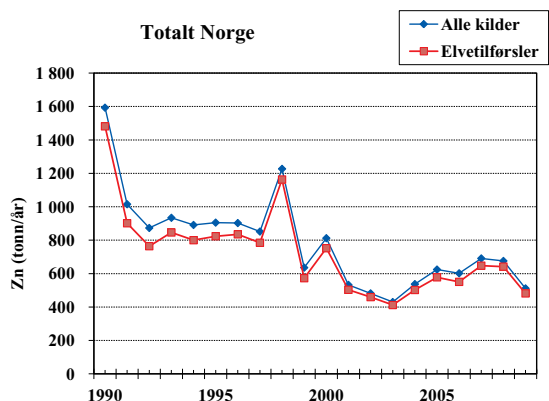
**Sink**

Sinktilførselen fra Norge til kystområdene sett under ett har minsket fra 1000-1600 tonn på begynnelsen av 90-tallet til 400-600 tonn ved årtusensskiftet. Deretter har tilførslene holdt seg relativt stabile. Det er elvetilført sink som står for det største bidraget, som gjenspeilt i samvariasjonen i de to grafene for totale tilførsler og elvetilførsler i figur 8.

For de enkelte havområdene er det en statistisk signifikant reduksjon av elvetilført sink til Skagerrak, Nordsjøen og Norskehavet men ikke til Barentshavet, tabell 5. For direkteutslipp er det en økning fra renseanlegg til Nordsjøen som muligens kan forklares med at to renseanlegg var under bygging i starten av perioden, og utslippene derfra ble ikke registrert før i 1994. Det er imidlertid samtidig en signifikant reduksjon i sink-utslipp fra industri til Nordsjøen, noe som hovedsakelig skyldes reduksjoner i utslipp fra én enkelt industribedrift. Tabellen viser også at det var en økning i industriutslippene til Norskehavet; dette skyldes at en industribedrift rapporterte høye utslipp i 2006, men denne bedriften har ikke rapportert utslipp verken før eller siden. I dette tilfellet kan det diskuteres om denne bedriften burde ha vært utelatt fra datasettet; årsaken til at dette ikke ble gjort er at det ikke



Figur 7. Tilførsler av kobber fra elver til norske kystområder.



Figur 8. Tilførsler av sink til norske kystområder fra alle kilder (blå) og fra elver (rød).

Sink					
Kilder	Totalt Norge p-verdi	Skagerrak p-verdi	Nordsjøen p-verdi	Norskehavet p-verdi	Barentshavet p-verdi
Elvetilførsler	0,001	0,019	0,000	0,014	0,270
Renseanlegg	0,043	0,787	0,045	0,099	
Industri	0,000	0,060	0,000	0,000	
Totale direktetilførsler	0,000	0,092	0,000	0,000	
Totale tilførsler	0,000	0,019	0,000	0,014	0,270

Tabell 5. Statistiske trender (p-verdier) for sinktilførsler 1990-2009.

kan påvises at utslippet i 2006 ikke skjedde. Eksempelet viser betydningen av å vurdere data-sett nøye for å finne forklaringer på trender.

**Bly**

Totalt til norske kystområder har det vært en statistisk signifikant nedgang i blyutslipp på rundt 50 % i perioden 1990-2009, figur 9. Årene 1995 og 1998 hadde særlig høye utslipp. Det er høye tilførsler fra hovedelver i Skagerrak-området som forårsaker de høye tilførslene i 1998; noe som igjen skyldes én høy konsentrasjonsverdi i Glomma dette året. Dette er et eksempel på en mulig feilkilde som ikke er rettet opp, ettersom det ikke kan påvises at målingen er feil.

For direkteutslippene er det en statistisk signifikant nedgang i industriutslippene til både Skagerrak og Nordsjøen, mens det for renseanlegg til samme havområder i stedet er en statistisk signifikant oppgang, tabell 6. Figur 10 viser

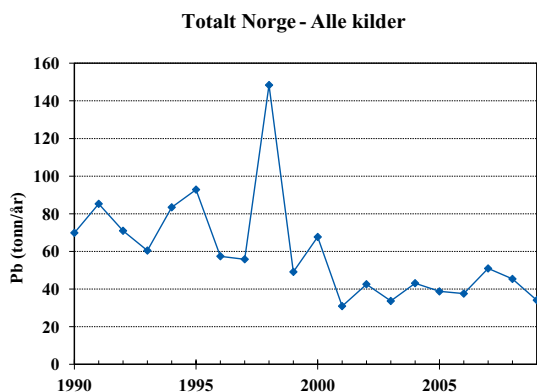
direkteutslipp til Skagerrak. Regelverket for norske avløpsanlegg har blitt skjerpet flere ganger etter år 2000. Dette gjelder bl.a. krav om hvordan utslipp skal måles. Dette kan ha hatt betydning for databasen. SSB anførte i 2007 at anslagene over utslipp av tungmetaller fra avløpsanlegg var usikre.

Det bør noteres at det er elvetilført bly som står for det desidert største bidraget, noe som betyr at variasjoner i direkteutslipp betyr lite i sluttsummen over totale tilførsler. Hva som er kildene til blytilførslene fra elvene er ikke kartlagt.

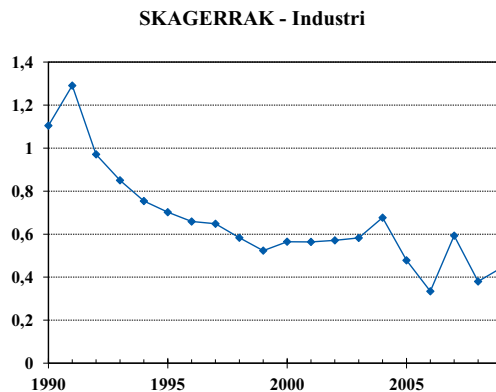
**Diskusjon og konklusjon**

**Usikkerhet**

Både i forbindelse med implementeringen av vannforskriften og i tilknytning til marine forvaltningsplaner er det av betydning å vurdere endringer i forurensing over tid. RID-program-



Figur 9. Totale tilførsler av bly til norske kystområder.



Figur 10. Tilførsler av bly fra industri til Skagerrak.

Bly					
Kilder	Totalt Norge p-verdi	Skagerrak p-verdi	Nordsjøen p-verdi	Norskehavet p-verdi	Barentshavet p-verdi
Totale elvetilførsler	0,004	0,080	0,004	0,006	0,019
Renseanlegg	0,000	0,000	0,003	0,099	
Industri	0,002	0,000	0,000	0,080	
Totale direktetilførsler	0,002	0,000	0,001	0,080	
Totale tilførsler	0,001	0,080	0,000	0,006	0,019

Tabell 6. Statistiske trender (p-verdier) for blytilførsler 1990-2009.



met er unikt i Norge siden det representerer en landsomfattende måleserie i både elver og punktutslipp over 20 år, med en rekke ulike parametere. Som påpekt tidligere er det imidlertid viktig å vurdere datakvaliteten nøye, ikke minst når det skal utføres trendanalyser.

Til tross for kvalitetssikringen som er utført kan det være usikkerhet knyttet til resultatene. For eksempel er enkelte av trendene som er vist i denne artikkelen forårsaket av noen få, høye verdier i løpet av måleperioden; disse kan være reelle men kan også være resultat av f.eks. laboratoriefeil eller forurensing ved innsamling. Blant annet i 1990 er det funnet høye konsentrasjoner av enkelte stoffer i noen av vassdragene, se f.eks. figur 7 og 8. Siden økningen ikke gjelder alle målte elver, og de elvene dette gjelder ligger spredt i geografi (f.eks. Skienselva og Orkla) er det rimelig å anta at dette ikke er en systematisk feil. For noen elver er sannsynligheten av slike høye verdier styrket ved at det er funnet tilsvarende høye konsentrasjoner av punktutslipp oppstrøms prøvetakingsstedet samme år. Dette gjelder bl.a. Orkla, hvor oppstrøms punktkilder hadde høye utslipp både av kobber og sink fra industri/gruvedrift på tidlig 90-tall (Skarbøvik *et al.* in press). Imidlertid er det en stor usikkerhet at prøvetakingsfrekvensen er lav både i elver og punktkilder. I Numedalslågen, som er en av RID-elvene med månedlig prøvetaking, viste en 5-årig studie at månedlig prøvetaking av suspendert stoff ga en betydelig underestimert av transporten i forhold til daglig prøvetaking foretatt av NVE i samme elv (Skarbøvik *et al.* 2012b). Enkelte stoffer blir fraktet i tilknytning til partikulært materiale, bl.a. fosfor, og disse stoffene vil ha tilsvarende utfordringer knyttet til prøvetakingsfrekvens. I Loire i Frankrike fant f.eks. Moatar & Meybeck (2005) ut at for å oppnå 10 % presisjon på tilførselsberegningene burde totalfosfor prøvetas hver 10. dag og partikulært fosfor hver 5. dag, mens nitrat, som fraktes i oppløst tilstand, kunne prøvetas hver 15. dag.

På den annen side vil lengden på RID-data-serien være en styrke i seg selv, ettersom dette gir et stort datasett. For elvene som overvåkes månedlig er det f.eks. 240 datapunkter for hver

parameter over en 20-årsperiode, noe som må regnes som et godt grunnlag for statistisk testing av monotone langtidstrender. Som en respons på usikkerheten knyttet til prøvetakingsfrekvens har imidlertid Miljødirektoratet fra og med 2013 iverksatt målinger med sensorer i flere av elvene; dog er det viktig at de kjemiske analysene fortsetter siden disse representerer den lange måleserien fra 1990. Det er dessuten kun et fåtall parametre som kan overvåkes med sensorer.

### Trendene og betydning for forvaltningen

Når det gjelder tilførsler av næringsstoffene TN og TP, samt metallet kobber, er det liten tvil om at veksten i akvakulturnæringen har forårsaket en betydelig økning i tilførsler til norskekysten, med særlig store mengder i de tre nordligste kystområdene. Omfanget er stort – og voksende – og det må antas at konsekvensene kan bli vesentlige der tilførslene skjer i fjordbasseng som er adskilt fra havområdene utenfor med en terskel.

For tilførsler av TN og TP for øvrig er tendensen nedadgående for punktkildene renseanlegg og industri, spesielt for enheter som drenerer til Skagerrak (som er det området som har de største tilførslene av næringsstoffer). For elvetilførsler er det imidlertid totalt sett få og små endringer i tilførsler av næringsstoffer. Det pågår en økt innsats mot diffus avrenning av næringsstoffer i Norge, men det er samtidig mange studier som viser at det ofte tar tid før man kan se virkningen av slike tiltak (Grimvall *et al.* 2000, Stålnacke *et al.* 2003; 2004; Bouraoui & Grizetti 2012). I Skienselva er det påvist en signifikant nedgang i total nitrogen samtidig med en nedgang i utslipp av nitrogen fra renseanlegg oppstrøms målestasjonen (Skarbøvik *et al.* in press.). Når det gjelder nitrat i nedbør har Aas *et al.* (2012) påvist en nedgang i Sør-Norge. Samtidig har konsentrasjonen av løst karbon (DOC) økt siden 1990 (Monteith *et al.* 2007; de Wit *et al.* 2007); og siden konsentrasjoner av organisk bundet nitrogen ofte følger samme mønster som DOC kan dette har medført en økning av nitrogen i vassdragene. Det kan konkluderes med at innsatsen mot utslipp av næringsstoffer fra punktkilder som renseanlegg og til dels industri har gitt en

reduksjon i tilførsler til havet, men at elvetilførsle-  
lene totalt sett ikke har endret seg vesentlig siden  
1990.

Mens kobbertilførsler til havet har en tydelig  
økende trend pga. oppdrettsnæringen er trenden  
for sink- og blytilførsler nedadgående. Mestepar-  
ten av disse to metallene tilføres via elvene, men  
nedgangen er både i elvetilførsler og i industri.  
Blyutslippene fra renseanlegg har imidlertid økt  
noe, men dette representerer relativt små meng-  
der i forhold til totalen. Denne nedgangen faller  
sammen med en reduksjon i metallinnholdet i  
nedbør: Langtidsserier viser at nivået av bly, kad-  
mium og til dels sink i nedbør har blitt redusert  
i løpet av de siste 20-30 årene i Sør-Norge (Aas *et  
al.* 2012).

## Takk

RID-programmet i Norge, inkludert den gjen-  
nomgangen og kvalitetssikringen som er utført av  
databasen, er finansiert gjennom Miljødirekto-  
ratet. Denne artikkelen er skrevet ved hjelp av  
interne midler i Bioforsk og NIVA.

## Referanser

Bouraoui, F. & Grizzetti, B. 2011. Long term change of  
nutrient concentrations of rivers discharging in European  
seas. *Sci. Total Environ.* 409 (2011) 4899–4916

de Wit, H.A., Mulder J., Hindar A., & Hole L., 2007. Long-  
term increase in dissolved organic carbon in streamwaters  
in Norway is response to reduced acid deposition. *Environ.  
Sci. Technol.* 41:7706-7713.

Grimvall, A., Stålnacke, P. & Tonderski, A. 2000. Timescales  
of nutrient losses from land to sea - a European perspec-  
tive. *Ecol. Eng.* 14:363-371

Hirsch, R.M. & Slack, J.R. 1984. A nonparametric trend test  
for seasonal data with serial dependence: *Wat. Resour. Res.*  
v. 20, p. 727–732.

Howarth, R.W., Billen, G., Swaney, D., Townsend, A., Jawor-  
ski, N., Lajtha, K., Downings, J.A., Elmgren, R., Caraco, N.,  
Jordan, T., Berendse, E., Freney, J., Kudeyarov, V., Murdoch,  
P. & Zhao-Liang, Z. 1996. Regional nitrogen budgets and  
riverine N & P fluxes for the drainages to the North Atlan-  
tic Ocean: Natural and human influences. *Biogeochemistry*  
35: 75-139

Iital, A., Pachel, K., Loigu, E., Pihlak, M. & Leisk, U. 2010.  
Recent trends in nutrient concentrations in Estonian rivers

as a response to large-scale changes in land-use intensity  
and life-styles. *J. Environ. Monit.* 12: 178–188

Kendall, M. (1975) *Multivariate Analysis*. Charles Griffin &  
Company, London.

Krogstad, T., Øgaard, A.F. & Skarbøvik, E. 2013. Laboratorie-  
analyser av suspendert stoff, fosfor og nitrogen i turbide  
vannprøver – usikkerhet og metodeutfordringer. *Vann* 2  
(48): 239-248.

Lettenmaier, D.P. 1988. Multivariate Nonparametric Tests  
for Trend in Water Quality, *Water Resources Bulletin*,  
24(3):505-512.

Libiseller, C. & Grimvall A. 2002. Performance of Partial  
Mann Kendall Tests for Trend Detection in the Presence of  
Covariates, *Environmetrics* 13, 71-84.

Littlewood, I.G., Watts, C.D., & Custance, J.M. 1998. Sys-  
tematic application of United Kingdom river flow quality  
databases for estimating annual river mass loads (1975-  
1994). *Sci. Total Environ.* 210/211: 21-40.

Littlewood, I.G. & March, T.J. 2005. Annual freshwater river  
mass loads from Great Britain, 1975–1994: estimation algo-  
rithm, database and monitoring network issues. *J. Hydrol.*  
304: 221-237.

Mann, H.B., 1945, Non-parametric tests against trend:  
*Econometrica* v. 13, p. 245–259.

Moatar F. & Meybeck M. 2005. Compared performances of  
different algorithms for estimating annual nutrient loads  
discharges by the eutrophic River Loire. *Hydrol. Process.* 19,  
429–444.

Monteith, D.T., Stoddard, J.L., Evans, C.D., de Wit, H.A.,  
Forsius, M., Høgåsen, T., Wilander, A., Skjelkvåle, B.L.,  
Jeffries, D.S., Vuorenmaa, J., Keller, B., Kopáček, J. & Vesely,  
J., 2007. Dissolved organic carbon trends resulting from  
changes in atmospheric deposition chemistry. *Nature*  
450:537-541.

OSPAR Commission, 2009. Trends in waterborne inputs.  
Assessment of riverine inputs and direct discharges of  
nutrients and selected hazardous substances to OSPAR  
maritime area in 1990–2006. [http://www.ospar.org/docu-  
ments/dbase/publications/p00448\\_rid\\_assessment.pdf](http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00448_rid_assessment.pdf)

Skarbøvik E., Stålnacke, P., Selvik, J.R., Aakerøy, P.A.,  
Høgåsen, T. & Kaste, Ø. 2011. Elvetilførselsprogrammet  
(RID) - 20 års overvåking av tilførsler til norske kystområ-  
der (1990-2009). NIVA-rapp. 6235-2011. Klif TA-rapport  
2857/2011, 54 s.

Skarbøvik, E., Stålnacke, P., Austnes, K., Selvik, J.R.,  
Aakerøy, P.A., Tjomsland, T., Høgåsen, T. & Beldring, S.  
2012a. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian

- coastal waters – 2011. Klif rapport TA-2986/2012; SPFO-1134/2012; NIVA-rapp. 6439-2012; 66 s.
- Skarbøvik, E., Stålnacke, P., Bogen, J. & Bønsnes, T.E. 2012b. Impact of sampling frequency on mean concentrations and estimated loads of suspended sediment in a Norwegian river: Implications for water management. *Sci. Total Environ.* 433: 462-471.
- Skarbøvik, E., Stålnacke, P., Kaste, Ø. & Austnes, K. *in press*. Trends in nutrients and metals in Norwegian rivers and point sources 1990–2009. *Hydrology Research*. Akseptert for publisering. doi:10.2166/nh.2013.233.
- Skjelkvåle, B.L., Tørseth, K., Aas, W. & Andersen, T. 2001. Decrease in acid deposition - recovery in Norwegian waters. *Water Air Soil Poll.*130:133-1438
- Stålnacke, P., Haaland, S., Skarbøvik, E., Turtumøygard, S., Nytrø, T.E., Selvik, J.R., Høgåsen, T., Tjomsland, T., Kaste, Ø. & Enerstvedt, K.E. 2009. Revision and assessment of Norwegian RID data 1990-2007. Bioforsk Report Vol. 4 No. 138. SFT report TA-2559/2009. 20p.
- Stålnacke, P., Grimvall, A., Libiseller, C., Laznik, M. & Kokorite, I. 2003. Trends in nutrient concentrations in Latvian rivers and the response to the dramatic change in agriculture. *J. Hydrol.* 283:184-205.
- Stålnacke, P., Vandsemb, S.M., Vassiljev, A., Grimvall, A. & Jolankai, G. 2004. Changes in nutrient levels in some Eastern European rivers in response to large-scale changes in agriculture. *Water Sci. Technol.* 49(3): 28-36.
- Tjomsland, T. & Bratli, J.L. 1996. Brukerveiledning for TEOTIL. Modell for teoretisk beregning av fosfor- og nitrogentilførsler i Norge. NIVA rapport - 3426. 84 s.
- Aas, W., Solberg, S., Manø, S. & Yttri, K.E., 2012. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfæriske tilførsler, 2011. NILU OR 19/2012, TA 2940/2012, 206 p.