

Trender i transporten av nitrogen og fosfor i jord og vassdrag

Nasjonal overvåking av forurensningstilførsler til Nordsjøen

Av Dag S. Rosland

Forfatteren er overing. i
Statens forurensningstilsyn

Innlegg på fagtreff i
Norsk Vannforening 4. mai 1998

Sammendrag

En samordnet nasjonal overvåking av forurensningstilførsler til norskekysten kom opprinnelig i stand som følge av en beslutning i Paris-kommisjonen i 1988 om å etablere et omfattende årlig program for overvåking av elvetilførsler og direkte utslipp til Paris-konvensjonens kyst- og havområder, det såkalte Comprehensive Study on Riverine Inputs and Direct Discharges (RID). Det norske overvåkingsprogrammet ble startet i 1990, og har etter hvert blitt en integrert del av den samordnede internasjonale miljøovervåkingen, som finner sted innenfor rammen av den nye Oslo- og Paris-konvensjonen (OSPAR).

Programmets mål er å beskrive og vurdere, så nøyaktig som mulig, alle elvetilførsler og direkte utslipp til norske kystfarvann av utvalgte forurensningskomponenter, og rapportere dette årlig til Oslo- og Paris-kommisjonen. Ved jevne mellomrom skal data-

settet analyseres med tanke på å avdekke eventuelle temporære trender.

Programmet har også som målsetting å gi en indikasjon på om tiltakene for å redusere tilførslene av næringssalter og utvalgte tungmetaller/miljøgifter til Nordsjøen virker effektivt. I så måte er overvåkingen av elvetilførsler til kysten av Skagerrak meget omfattende, i det avrenningen fra nærmere 90 % av nedbørfeltet til denne kyststrekningen passerer overvåkingsstasjonene.

Innen OSPAR er det utviklet et statistisk verktøy ("trend-y-tector") for å avdekke eventuelle temporære trender i rapporterte elvetilførselsdata. Verktøyet er foreløpig utprøvd på et mindre utvalg av norske vassdrag, bl.a. Otra og Glomma. Datamaterialet strekker seg over et tidsrom på bortimot 20 år. I nedre del av Otra kan det påvises en tydelig nedadgående trend både m.h.t. tilførsler av fosfor og nitrogen. I Glomma er ikke utviklingen like entydig. En nærmere analyse av tallmaterialet er påkrevd før en kan trekke noen konklusjon.

Statistikkverktøyet er beregnet for

bruk på årlige tilførsler eller middelkonsentrasjoner. En kritisk faktor er derfor hvordan man beregner en årstilførsel eller en årsmiddelkonsentrasjon. Det er vist gjennom eksemplet Glomma i 1995, hvor tilførslene var dominert av flommen i mai/juni. OSPARs anbefalte formel for beregning av årstilførsel overestimerte fosfortilførslene med nærmere 80 % i forhold til en beregningsmåte som tar hensyn til en prøvetakingsstrategi med tettere prøvetaking i flomperioden.

Bruk av statistisk verktøy for å avdekke eventuelle temporære trender i tidsserier av denne typen, vil få stadig større betydning i tiden fremover. Utviklingen av Trend-y-tector er i så måte et viktig skritt videre. Parallelt med dette bør OSPAR også rette fokus på utvikling av generelle retningslinjer og rutiner for kvalitetssikring i alle faser av overvåkingsprogrammene for å sikre et visst minimum av sammenlignbarhet mellom rapporterte data fra de ulike OSPAR-landene.

Nordsjø-avtalene

Overvåkingen av forurensningstilførsler til norskekysten er i vesentlig grad motivert ut fra målsettingene i Nordsjø-avtalene om å oppnå en vesentlig reduksjon i tilførslene av bl.a. nitrogen og fosfor, i størrelsesorden 50%, sett i forhold til 1985-nivå. Det kan derfor være nyttig å se litt nærmere på Nordsjø-avtalene og oppfølgingen av dem både nasjonalt og internasjonalt.

Første gang det ble oppnådd politisk

enighet om slike reduksjonsmål var på den andre internasjonale ministerkonferansen om Nordsjøen i London i november 1987. Her heter det bl.a. at reduksjonen i tilførslene av nærings-saltene skal skje til områder hvor det er sannsynlig at tilførslene, direkte eller indirekte, fører til forurensning. Videre ble det fastslått at landene skulle utarbeide handlingsplaner for å nå reduksjonsmålene innen 1995.

Om lag to og et halv år senere, mars 1990, ble det holdt en ny ministerkonferanse om Nordsjøen i Haag. På denne tredje internasjonale Nordsjøkonferansen ble målsettingen fra 1987 gjentatt med en del tilføyelser og presiseringer. Bl.a. ble anvendelse av føre-var prinsippet sterkt fremhevet. Videre ble koblingen til Paris-konvensjonens program for reduksjon av nærings-salttilførsler tydeliggjort. Det ble dessuten pekt på nødvendigheten av å oppnå enighet om enhetlige prosedyrer for vurdering og rapportering av tilførselsreduksjoner.

Den fjerde internasjonale ministerkonferansen om Nordsjøen ble holdt i Esbjerg i juni 1995. Her ble det slått fast at Nordsjø-avtalenes mål om 50 % reduksjon ikke var nådd med hensyn på nitrogen. I Esbjerg-deklarasjonen opprettholdes reduksjonsmålene fra tidligere konferanser. Dessuten skal tiltak gjennomføres i hele Nordsjøens nedbørfelt i tråd med EUs avløpsdirektiv (91/271/EØF) og nitratdirektiv (91/767/EØF), unntatt i de områdene hvor næringssalttilførsler påviselig ikke fører til eutrofiering eller bidrar til slike

effekter i andre deler av Nordsjøen. Det forventes at slike tiltak gjennomføres i de nye identifiserte områdene så snart som teknisk mulig etter 1998.

Norges oppfølging av avtalene

Nordsjø-deklarasjonene ble fulgt opp av Norge i form av en egen tiltaksplan, St.meld.nr. 64 (1990-91). Her ble kyststrekningen fra svenskegrensa til Lindesnes definert som utsatt område for tilførsler av fosfor, og strekningen svenskegrensa til Jomfruland som utsatt område for nitrogen tilførsler. Meldingen viser bl.a. hvilke sektorvise reduksjonsmål som skal nås, og hvilke tiltak, basert på kost-nytte, som skal gjennomføres.

Når påleggene om bygging av renseanlegg med nitrogenfjerningstrinn kom, økte motstanden ute i kommunene. Fra ulike forskerhold kom det også motstridende uttalelser om nødvendigheten av å fjerne nitrogen i avløpsvann. Dette ledet til oppnevningen av en bredt sammensatt ekspertgruppe, som bl.a. skulle vurdere eutrofi forholdene langs kysten av Sør-Norge. Ekspertgruppens første rapport kom i 1996, og vurderer Ytre Oslofjord som moderat eutrof. I 1997 ble det utgitt ytterligere en rapport, som vurderer eutrofitilstanden for resten av Nordsjøkysten nord til 62 °N. Rapporten slår fast at det ikke kan påvises noen regional eutrofi påvirkning nord for Egersund, men at det er en klar regional eutrofi påvirkning i området fra svenskegrensa til Lindesnes.

Ekspertgruppens arbeid har ledet til

en ny definisjon av utsatt område med hensyn på nitrogen, nemlig strekningen svenskegrensa til Strømtangen fyr (Hvaler-bassenget) og Indre Oslofjord innenfor Drøbak-terskelen. Bygging av nitrogenfjerning ved renseanleggene skal nå konsentreres til disse områdene.

Oppfølging av avtalene innen OSPAR-systemet

Reduksjonsmålene fra London-konferansen ble formalisert innen den daværende Paris-konvensjonen (PARCOM) gjennom PARCOM-rekommandasjon 88/2, 89/4 og 92/7. Det ble dessuten innført en årlig rapportering av menneskeskapte tilførsler for hovedsektorer, dvs. landbruk, industri og kommunalt avløp, samt rapportering av planer og tiltaksgjennomføring.

Forut for Esbjerg-konferansen ble det åpenbart at det var mangler i rapporteringen og liten sammenlignbarhet i de rapporterte tallene. Det ble derfor vedtatt å forbedre rapporteringsrutinene slik at rapporteringen gir størst mulig grad av sammenlignbarhet og at den harmoniseres med rapporteringsprosedyrer innen EU, EEA og OSPAR. Norge ble utpekt som hovedansvarlig for å lede et slikt utviklingsarbeid innen OSPAR.

Overvåking og rapportering av elve tilførsler og direkte utslipp utgjør et viktig supplement til den nevnte rapporteringen. Langtidsserier av forureningsstilførslene representerer et slags kontrollgrunnlag for å se om tiltakene har tilsiktet virkning. Til dette er det behov for et robust statistisk verktøy til

å avdekke eventuelle temporære trender, og klarlegge årsaker til observerte tilstandsendringer.

Elvetilførselsprogrammet

Programmets mål er:

- Beskrive og vurdere, så nøyaktig som mulig, alle elvetilførsler og direkte utslipp til norske kystfarvann av utvalgte forurensningskomponenter.
- Rapportere årlig tilførsels- og utslippsdata til Oslo- og Paris-kommisjonen, og ved jevne mellomrom analysere datasettet med tanke på å avdekke eventuelle temporære trender.

For å nå dette målet skal det på årlig basis overvåkes eller måles minst 90% av tilførslene for hver enkelt forurensningskomponent. Det skal fremskaffes informasjon om årlig middelkonsentrasjon av de ulike komponentene i et utvalg hovedelver på basis av overvåkingen. Det skal videre estime-

res tilførsler fra diffuse kilder, direkte utslipp og tilførsler via mindre vassdrag i områder som ikke dekkes av overvåkingen i hovedelvene, slik at nær 100% av tilførslene dekkes.

Overvåking av elvetilførsler og direkte utslipp til norske kystområder har pågått uavbrutt siden 1990, som en del av Comprehensive Study on Riverine Inputs and Direct Discharges (RID) i regi av Oslo- og Pariskommisjonen (OSPAR). Norge er forpliktet til å gjennomføre RID i tråd med vedtatte prinsipper. Norge er videre forpliktet til å rapportere resultatene av RID hvert år innen 30. september i tråd med OSPARs rapporteringsformat.

Overvåkningsprogrammet har siden 1990 omfattet 10 hovedvassdrag som prøvetas minst månedlig, se tabell 1. Videre prøvetas 145 andre vassdrag med svært varierende hyppighet. Disse vassdragenes nedbørfelter dekker om lag 75 % av det totale landarealet. I Sør-

Tabell 1. Oversikt over 10 hovedvassdrag som inngår i overvåkningsprogrammet

<i>Hovedvassdrag (Discharge area)</i>	<i>Kystområde (Sea-area)</i>	<i>Prøvetakings- stasjon</i>	<i>Vannførings- stasjon (NVE)</i>
Glomma (1)	Skagerrak (I)	Sarpefossen	Solbergfoss
Drammenselva (2)	Skagerrak (I)	Oppstrøms bybrua	Døviksfoss
Numedalslågen (3)	SKagerrak (I)	Bommestad bru	Fosserød
Skienselva (4)	Skagerrak (I)	Klosterfoss	Klosterfoss
Otra (5)	Skagerrak (I)	Skråstad	Vigeland
Orreelva (6)	North Sea (II)	Oppstrøms utløp	Bryne
Suldalslågen (7)	North Sea (II)	Oppstrøms utløp	Larvika
Orkla (8)	Norwegian Sea (III)	Vormstad	Syrstad
Vefsna (9)	Norwegian Sea (III)	Kvalfors	Laksfoss
Alta (10)	Barents Sea (IV)	Oppstrøms Alta	Kistefoss

Norge, dvs. den delen av landet som drenerer til Skagerrak-kysten, er ca. 90 % av landarealet dekket med elve-målestasjoner. Det er lagt størst vekt på denne delen av landet, siden Nordsjø-avtalene først og fremst har virkning for tilførslene til Skagerrak-kysten.

Siden de største menneskeskapte tilførslene for en stor del tilføres kystområdene nedstrøms elvemålestasjonene, har en vært nødt til å supplere med data om utslipp fra industri, kommunalt avløp og avrenning fra landbruksarealer for å få et mest mulig dekkende bilde av de totale tilførslene.

Ved utvelgelsen av de 10 hovedvassdragene ble det opprinnelig lagt vekt på følgende:

- Dekke de største og viktigste elve-tilførslene til Skagerrak-kysten. Det gjelder de fem vassdragene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen, Skienselva og Otra. Et flertall av disse vassdragene har også langtids-serier tilbake til 70- eller tidlig 80-tallet.
- Et representativt vassdrag i område med intensivt jordbruk. Orreelva gir et bilde på sterkt eutrofierte vassdrag på Jæren.
- Vassdrag i Midt-Norge med bl.a. tilførsler fra nedlagt gruveindustri. Orkla har slike tilførsler. Dessuten har Orkla vært gjenstand for overvåking siden midten av 70-tallet.
- Vassdrag i Nord-Norge med periodevis høyt innhold av partikulært materiale. Vefsna er representativ for landsdelen i så måte.
- Vassdrag med liten forurensnings-

belastning og lave konsentrasjoner. Suldalslågen og Altaelva er representative for denne kategorien. Begge vassdragene har sterkt regulert vannføring, men representerer samtidig to ytterpunkter med hensyn til klimatiske forhold.

Trender i tilførslene av nitrogen og fosfor

Innen OSPAR er det utviklet et statistisk verktøy for å håndtere elve-tilførselsdata fra RID med sikte på å dekke eventuelle temporære trender. Verktøyet er tilgjengelig på følgende internettadresse:

<http://waterland.net/rikz/osparwg/trend-y-tector/index.htm>

Programmet kjører gjennom ulike programsteg, som skissert nedenfor. Første steg er å fastsette statistiske kriterier for kjøringen, bl.a. testhypotese, signifikansnivå og utsagnskraft eller "power" (foreløpig ikke utviklet). Input til statistikkprogrammet er årlige tilførsler eller årlige middelkonsentrasjoner av ulike forurensningskomponenter.

Programmet beregner en Mann-Kendall statistikk (2) og tester hypotesen for Mann-Kendall (3). Er det påvist en trend blir neste steg å estimere en robust trendkurve, Theil Slope (4). Videre testes det ved hjelp av en Run's Test (5) om trenden kan modelleres med en lineær eller en log-lineær kurve. Til slutt kvantifiseres størrelsen på trenden (6), dvs. prosent endring mellom start- og slutt punktet for den perioden en har tilgjengelige data.

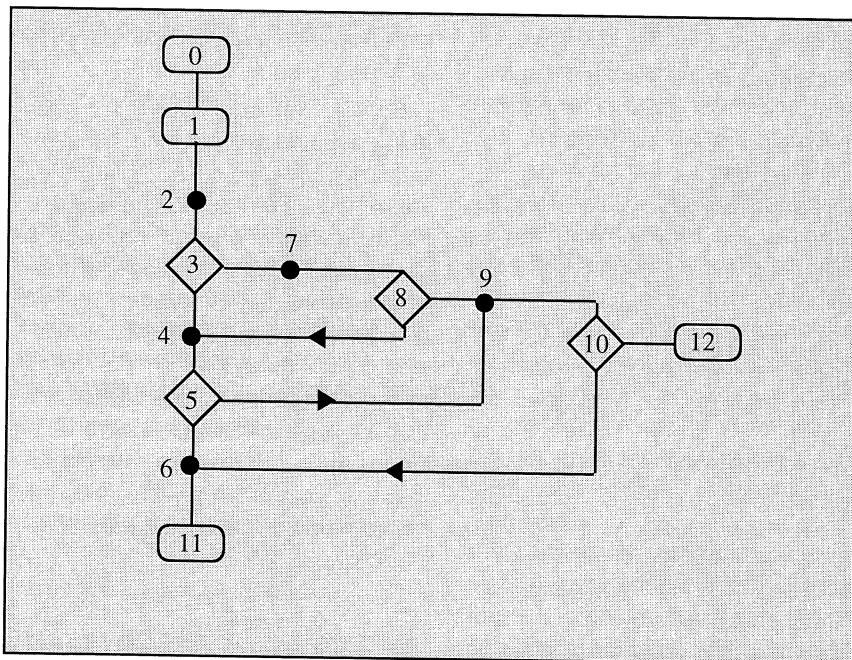
Dersom det ikke påvises noen trend med Mann-Kendall blir neste steg å beregne lineær regresjon (7), og teste hypotesen for lineær regresjon (8). Kan det påvises en trend blir forløpet som ovenfor. I motsatt fall blir neste steg å beregne en beste tilpasset kurve, en s.k. Smoother Curve (9), og teste hypotesen for denne (10). Kan det på-

vises en trend blir neste steg å kvantifisere størrelsen på trenden. I motsatt fall presenteres utfallet ved ingen signifikant trend (12).

Trend-y-tector

- 0 Set up the Statistical Criteria
- 1 Import Data
- 2 Calculate the Mann-Kendall Statistics
- 3 Test the Hypothesis for Mann-Kendall
- 4 Calculate the Theil Slope
- 5 Perform the Run's Test
- 6 Estimate the Trend Size
- 7 Calculate Linear Regression
- 8 Test the Hypothesis of Linear Regression
- 9 Calculate the Smoother Curve
- 10 Test the Hypothesis for the Smoother
- 11 Present Output in case of a Significant Trend
- 12 Present Output in case of No Significant Trend

Nærmere beskrivelse av programets oppbygging, funksjon og anvendelsesområde finnes på ovennevnte internettadresse.



Figur 1. Flytskjema for statistisk behandling av elvetilførselsdata med tanke på å avdekke eventuelle temporære trender.

Statistikkprogrammet er anvendt på noen få utvalgte vassdrag, bl.a. Otra ved Skråstad i Kristiansand kommune og

Glomma ved Sarpsfossen. Resultatene fra kjøringene ble som følger:

Vassdrag	Parameter	Trendstørrelse	Hypotesetest	Siginifikansnivå
Glomma	Totalnitrogen	Nedadgående trend på 12%	Smoother	5%
Glomma	Totalfosfor	Nedadgående trend på 9%	Smoother	5%
Otra	Totalnitrogen	Nedagående trend på 36%	Mann-Kendall	5%
Otra	Totalfosfor	Nedadgående trend på 63%	Mann-Kendall	5%

Trendkurvene er vist på figur 2 og 3. Endringene i tilførslene er tydeligst for Otra, både med hensyn på totalnitrogen og totalfosfor. Det har klar sammenheng med de tiltakene som har funnet sted i nedre del av Otra nedstrøms treforedlingsbedriftene i Vennessla. Det er bl.a. bygget avskjærende avløpsledning langs Otra, og treforedlingsbedriftene ble tilkoblet ledningen i 1995. Endringene ville ha vært enda tydeligere med hensyn på organisk stoff, særlig dersom en hadde hatt materiale tilbake til begynnelsen av 1970-tallet.

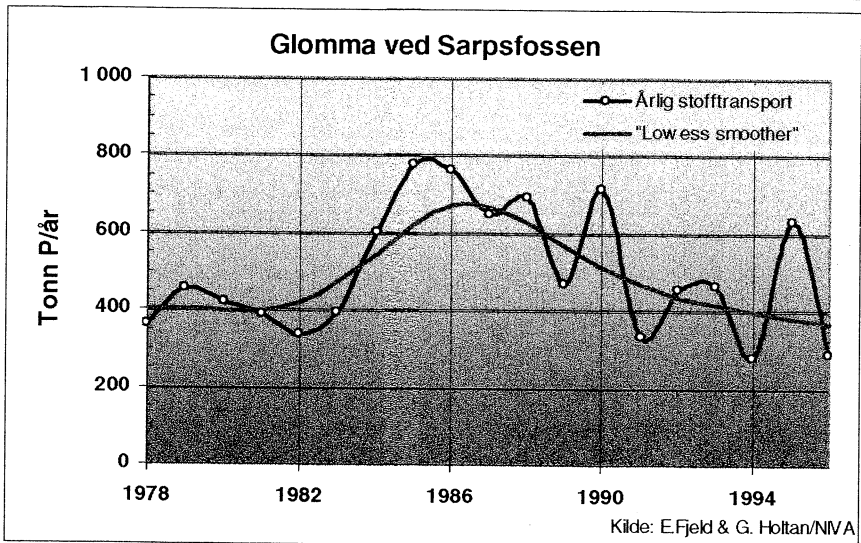
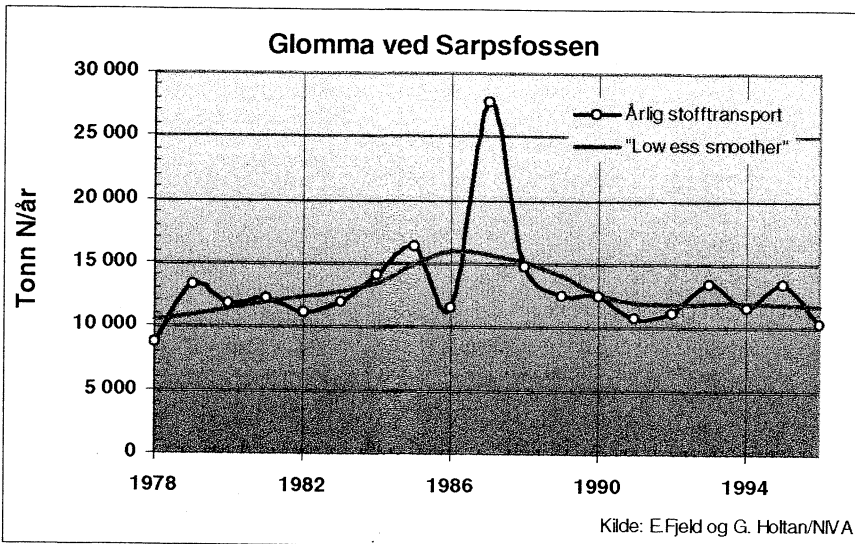
I Glomma er bildet langt mindre entydig. Det kan av kurvene synes som om det har vært en tilførselstopp rundt midten av 1980-tallet, både med hensyn på totalnitrogen og totalfosfor. I Glommas tilfelle er det nødvendig å gå nærmere inn i tallmaterialet for om mulig å avdekke bakenforliggende årsaker til den utviklingen en ser. En første tilnærming er å basere årstilførslene

på normaliserte vannføringsdata for å skille ut klimatiske/hydrologiske variasjoner. Dessuten kan det være interessant å se nærmere på sesongmessige trekk ved datasettet.

Bruk av statistisk verktøy for å avdekke eventuelle temporære trender i tidsserier av denne typen, vil få stadig større betydning i tiden fremover. Utviklingen av Trend-y-tector er et langt skritt i riktig retning. Parallelt med dette bør en innen OSPAR også ha fokus på utvikling av retningslinjer for prøvetaking og analyse av de ulike forurensningsparametrene. Dessuten bør det etableres rutiner for kvalitets-sikring av data for å sikre et visst minimum av sammenlignbarhet mellom rapporterte data fra de ulike OSPAR-landene.

Beregning av årstilførsler - eksempel Glomma

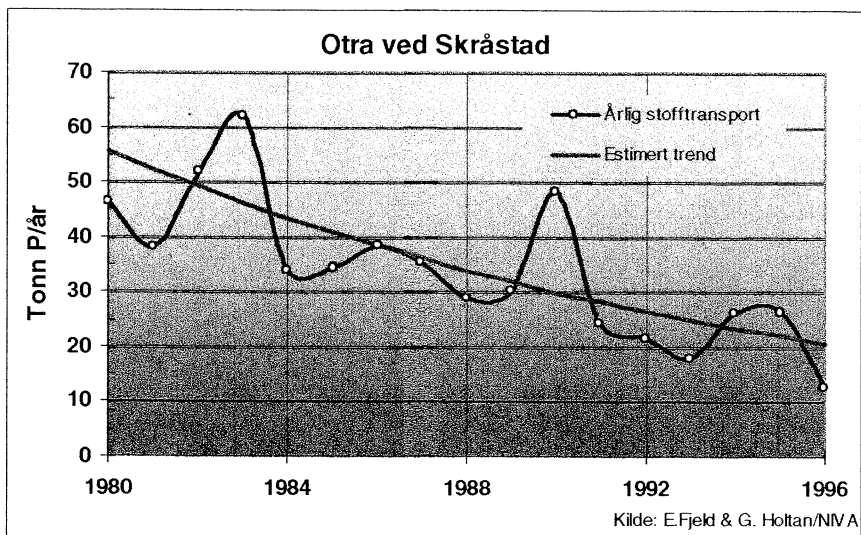
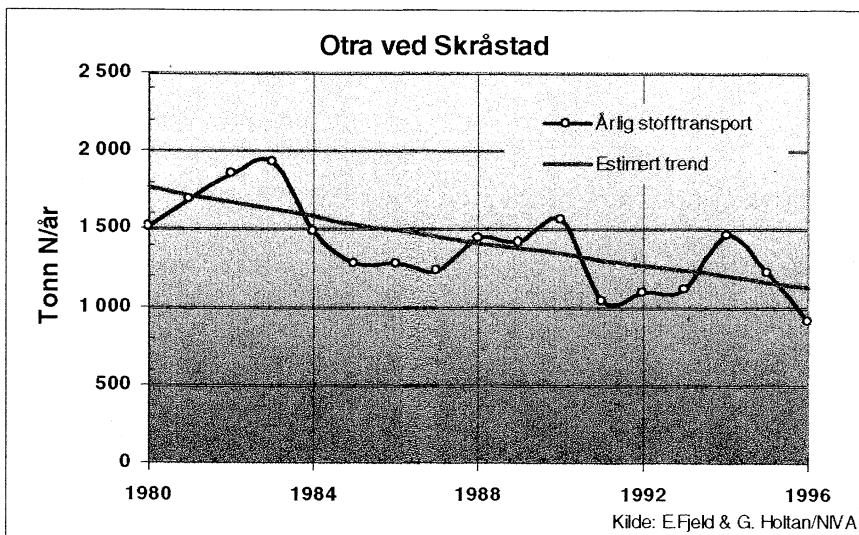
De statistiske analysene utføres på ba-



Figur 2. Trender i tilførslene av totalnitrogen og totalfosfor i Glomma ved Sarpsfossen.

sis av årstilførsler via vassdragene. Det er derfor viktig at overvåkingsprogrammet er utformet slik at det gir et riktig bilde av årstilførslene. I OSPAR-

sammenheng uttrykkes årstilførselen som produktet av årlig vannføring og et vannføringsveid estimat av midlere årskonsentrasjon:



Figur 3. Trender i tilførslene av totalnitrogen og totalfosfor i Otra ved Skråstad.

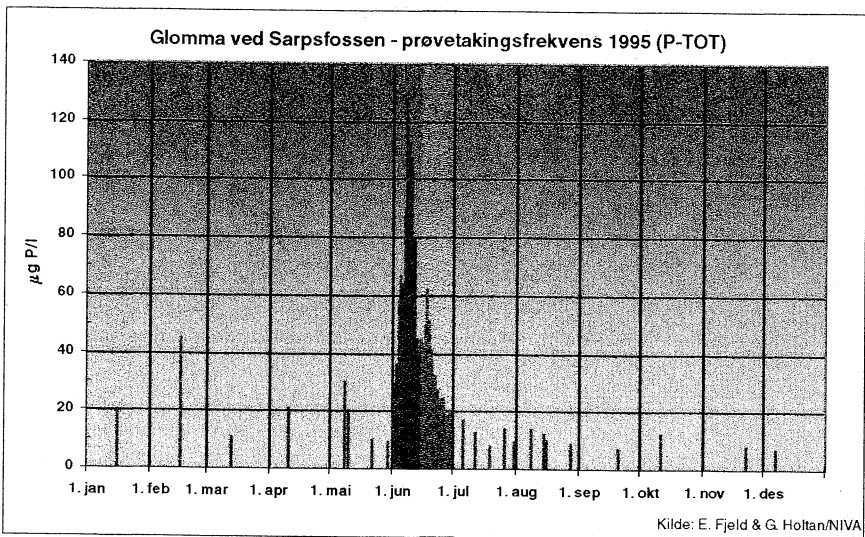
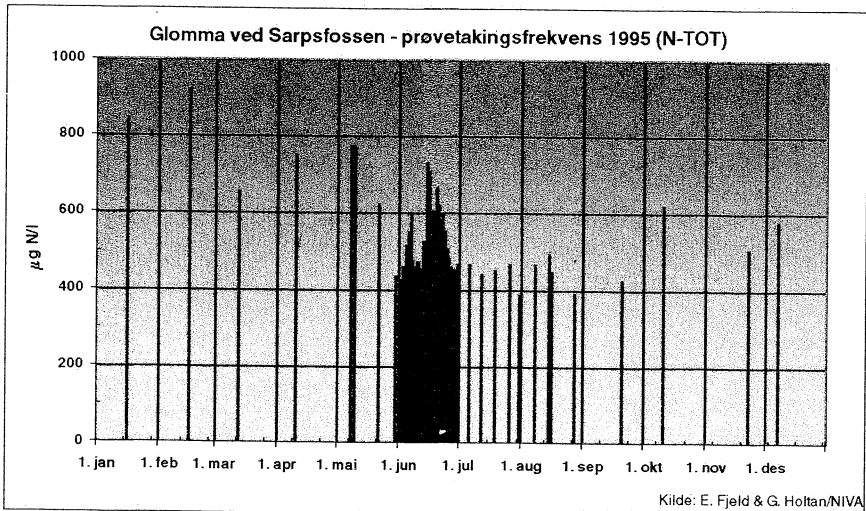
$$La = (w_1 \cdot C_1 + w_2 \cdot C_2 \dots + w_i \cdot C_i) \cdot Q_a$$
 hvor w_i er vektingsfaktoren for de ulike konsentrasjonene uttrykt som

$$w_i = Q_i / S \cdot Q_i$$

Denne formelen egner seg best for en

prøvetakingsstrategi basert på faste tidsintervaller mellom hver prøvetaking.

I det norske elvetilførselsprogrammet prøvetas de 10 hovedvassdragene må-



Figur 4. Prøvetakingsfrekvens og tilførsler pr. døgn i Glomma ved Sarpfossen i 1995.

nedlig til mer eller mindre faste tidspunkter. I 1995 ble det imidlertid satt i gang intensivovervåking med daglig prøvetaking i både Glomma og Drammenselva i.f.m. flommen i mai/

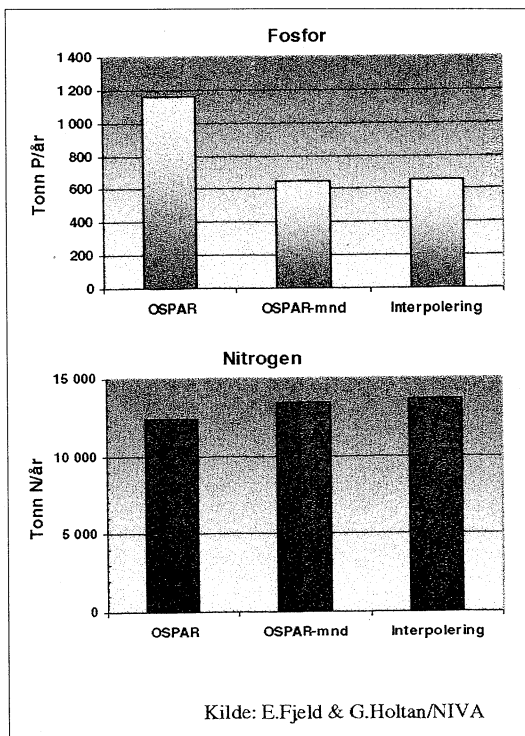
juni, se figur 4. Anvendelse av OSPAR-formelen ville da ha tillagt flommånedens juni betydelig mer vekt enn de øvrige månedene, med resulterende overestimering av årstilførselen.

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) gjorde en sammenligning av 3 ulike måter å beregne årstilførslene for nitrogen og fosfor i Glomma i 1995. I tillegg til å benytte OSPAR-formelen ble årstilførslene beregnet (i) ved å estimere månedlige tilførsler v.h.a. OSPAR-formelen og summere disse til en årstilførsel (OSPAR-mnd), og (ii) ved å interpolere konsentrasjonsdata, utarbeide tilførselsestimer for hvert døgn og summere disse til en årstilførsel (Interpolering). Resultatet fremgår av figur 5.

I forhold til interpolasjonsmetoden overestimerte OSPAR-formelen fosfortilførslene med hele 78 %, mens nitrogentilførslene ble underestimert med 9 %. Dette viser at årstilførslene, som utgjør datagrunnlaget for trendanalyser, må vurderes kritisk med tanke på hvordan de er beregnet i utgangspunktet.

Referanser:

Fjeld, E. og G. Holtan, 1997: Effects



Figur 5. Estimer av årlige tilførsler i Glomma ved Sarpsfossen 1995.

of different methods for estimating annual load. Report of the ICES/ OSPAR Workshop on the identification of statistical methods for temporal trends. Pp 133-141. ICES CM 1997/ Env: 11. Ref.: D + E.