

# Norske tilførsler av fosfor og nitrogen til Skagerrak

Av Bjørn Faafeng og Hans Olav Ibrekk.

Begge forfatterne er forskningsledere på NIVA.

*Innlegg på seminar i Norsk Vannforening  
8. mars 1989.*

## 1. Innledning

Tilførsler av næringsalter til våre kystområder har fått økt oppmerksomhet den senere tiden, spesielt etter algeoppblomstringen i 1988. Nordisk Råd vedtok høsten 1988 en handlingsplan mot forurensninger av det marine miljøet. Et av hovedelementene i planen er reduksjon av utslippene av næringsalter (fosfor og nitrogen) med 50% til de områder som er påvirket av utslippene (Østersjøen, Kattegat, Skagerrak og områdene vest om Danmark) innen 1995, sett i forhold til utslippene i 1985.

Statens forurensningstilsyn (SFT) har under utarbeidelse en tiltaksplan for Skagerrak-fylkene. Før en setter iverk slike tiltak er det avgjørende at en skaffer seg oversikt over alle aktuelle kilder, fordelingen dem imellom og kostnadene ved å redusere hver av disse. Det foreligger idag ikke tilfredsstillende målinger av tilførsler til Skagerrak, men det er gjort endel forsøk på å anslå disse. Selv om tallene er grove anslag, vil de kunne angi en rimelig

størrelsesorden. Det pågår også arbeid for å forbedre dette datagrunnlaget.

I denne artikkelen vil vi ta opp endel spørsmål som vi føler er sentrale i diskusjonen om forurensningen av Skagerrak, og forsøke å besvare dem så langt dagens kunnskaper gir grunnlag for:

*Hvor store er de totale tilførsler?*

*Hvor stort er det norske bidraget?*

*Hvilke aktiviteter forårsaker forurensningen?*

*Kan 50% reduksjon oppnås innen 1995?*

I denne artikkelen tar vi *ikke* opp til diskusjon om 50% reduksjon av fosfor og nitrogen vil være tilstrekkelig til å hindre uønskede masseoppblomstringer av planteplankton langs den norske Skagerrak-kysten, eller om samtidig reduksjon av disse to elementene er hensiktsmessig eller optimalt. Vi går heller ikke inn i diskusjonen om «biotilgjengelighet» av tilførslene, dvs. det forhold at næringsalter kan være mer eller mindre tilgjengelig for algevekst avhengig av kilde, tid på året osv. (konfr. Berge og Källqvist 1988).

For å kunne besvare spørsmålene over har vi funnet det nødvendig å sette de norske tilførslene inn i et større per-

spektiv. Dette fordi de skisserte tiltak i Norge vil beløpe seg til flere titalls milliarder kroner og at det følgelig er avgjørende at denne investeringen virkelig fører til at forurensningssituasjonen i våre nære kystfarvann og havområder blir tilfredsstillende. Derfor må vi være bevisst alle øvrige kilder som kan bidra til forurensningssituasjonen i dette havområdet.

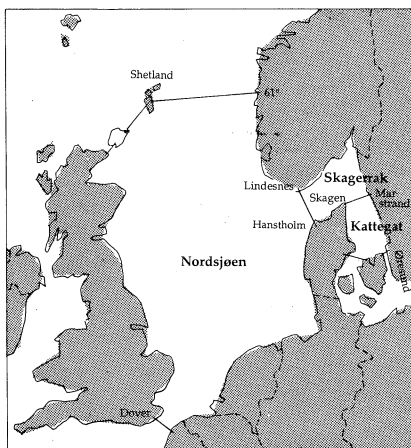
Bidragene til forurensning av et havområde kan føres tilbake til 3 hovedkilder:

- tilgrensende landområder
- tilgrensende havområder via havstrømmer
- atmosfæren (våt- og tørrdeposisjon)

Av disse kildene har vi endel overslag over tilførselene direkte fra land og fra atmosfæren. Informasjon om transporter av næringssalter via strømmer er imidlertid ganske usikker, og denne type transporter vil også kunne variere sterkt fra år til år og gjennom sesongen.

Prinsipielt kan vi skille mellom to typer transporter i havet — en horisontal og en vertikal. Begge disse transport-systemene er intermittente og betydningen av disse vil kunne variere sterkt over tid. Det er grunn til å understreke betydningen av *når* på året og *hvor* i området disse transportene finner sted. Her må en ikke utelukkende vurdere de totale tilførte mengder, som oppført i tabellene i denne artikkelen, men først og fremst legge vekt på hvilken effekt disse har på algeveksten (konf. Skjoldal og Grays artikler i dette nr. av VANN).

I litteraturen kan en finne en viss forvirring mhp navnsetting av havområ-



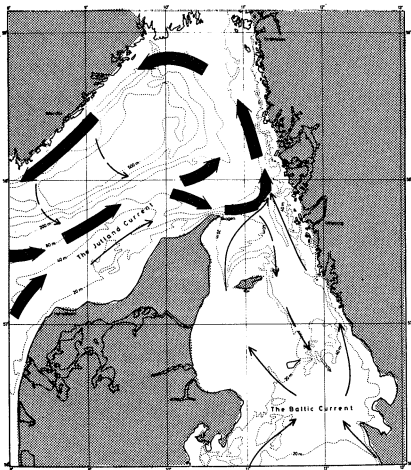
Figur 1. Nordsjøen, Skagerrak og Kattegat. Avgrensning av havområdene (etter Svansson 1975).

der og kyststrekninger (jfr. f.eks. SFT 1988 og NNV 1989). Figur 1 viser en inndeling som er akseptert av mange havforskere, selv om også andre grenser blir brukt.

## **Totale tilførsler til Skagerrak, Nordsjøen og Kattegat**

### *Vanntransporter — havstrømmer*

Tilførselene fra strømsystemer hhv. fra den engelske kanal og sørover langs den engelske østkyst samler seg i sørlige deler av Nordsjøen og dreier deretter nordover via Tyskebukta videre langs den danske vestkysten (figur 2). Deretter føres store deler av dette vannet nord- og østover (Jyllandstrømmen) inntil det møter nordgående vannmasser fra Østersjøen og Kattegat (den Baltiske strøm). En hovedgren beveger seg nordover før den dreier mot sørøst og danner den norske kyststrømmen.

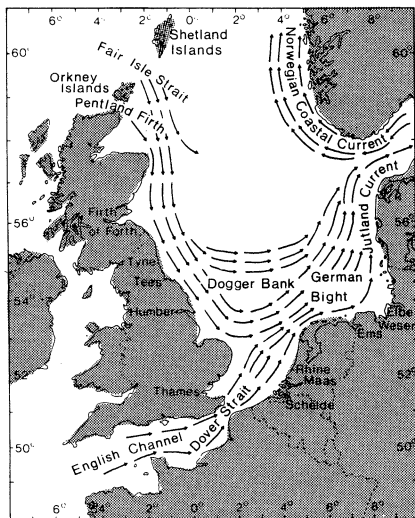


Figur 2. Dominerende strømsystemer i Skagerrak (fra Svansson 1975).

Deler av disse vannmassene deltar dessuten i den sk «Skagerraksnurran».

Oseanisk vann fra Atlanterhavet tilføres Nordsjøen og Skagerrak fra NV langs den søndre delen av Den norske renne. Vannmasser fra Atlanteren og Nordsjøen vil pga. høyere saltinnhold tilføres dypvannet i Skagerrak og kan komme til overflaten langs kystene ved gunstige vindforhold (Aure og Sætre 1988, Svansson og Sætre 1988). Ytterligere en vertikaltransport er den såkalte «Skagerrakdomen» (Pingree og medarb. 1982) hvor næringsrikt dypvann kan nå helt opp i de øvre vannsjikt og får stor betydning for primærproduksjonen i området. Det skisserte transportsystemet er svært dynamisk i tid og rom og karakteriseres av store pulser som i perioder kan gi store transporter, og også tilsvarende små transporter.

Som vi vil vise i denne artikkelen kommer en vesentlig del av tilførselene av vann og næringsstoffer til Skagerrak



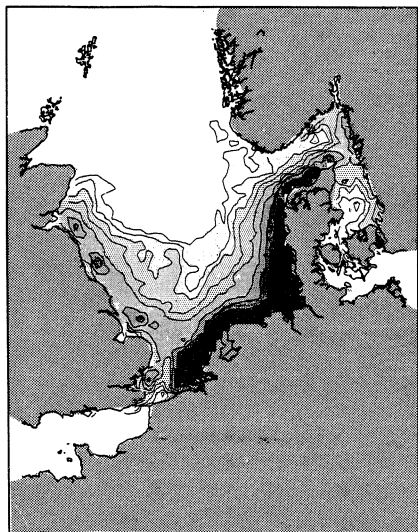
Figur 3. Dominerende strømsystemer i Nordsjøen fører store mengder forurenset vann fra kontinentet inn i Skagerrak og Kattegat via Jyllandsstrømmen (fra Müller-Navara og Mittelstaedt 1985).

fra tilgrensende havområder. F.eks. legger Aksnes og medarb. (1988) stor vekt på betydningen av næringsrikt vann fra Tyskebukta for å forklare oppblomstringen av *Chrysocromulina polylepis*. Vi har derfor funnet det interessant å stille sammen tilgjengelige data om tilførselene til henholdsvis Nordsjøen, Kattegat og Skagerrak. Anslag for transport fra Østersjøen til Kattegat blir også omtalt. Foreliggende data gir derimot ikke grunnlag for å anslå størrelsesorden av tilførselene fra Atlanterhavet.

For å få en oversikt over disse størstilte transportene har vi vist strømingsmønsteret i Skagerrak i figur 2 og i Nordsjøen i figur 3.

Strømmen langs den danske vestkyst fører med seg mye av utslippene fra

store elver fra det europeiske kontinent, f.eks. Rhinen, og disse kan trolig bidra betydelig til forurensningen av Skagerrak/Kattegat (se figur 4).



Figur 4. Spredning av forurensning fra elver langs Nordsjøkysten (Rhinen, Maas, Schelde, Elbe, Weser, Ems, Firth of Forth, Tyne, Thames og Humber). Simulert spredning av konservativt stoff (fra Hainbucher et al., under utarb.)

#### Tilførsler av næringsstoffer

Under følger en oppstilling av tilførselstall til Nordsjøen, Kattegat og Skagerrak fra forskjellige undersøkelser. Det må understrekes at tabellene bygger på et usikkert datamateriale, tildels omfatter det forskjellige år og de er beregnet med forskjellige metoder. Et forhold som også bidrar til usikkerhet er at grensene for de aktuelle havområdene ikke alltid er definert (jfr. figur 1). Andre undersøkelser enn de som er

Tabell 1. Lokal tilførsel av nitrogen til Nordsjøen, Kattegat og Skagerrak i 1000 tonn/år. Tilførsler fra Nord-Atlanteren er ikke inkludert.

Kilder: Skagerrak og Kattegat for 1980: ICES 1987.  
Østersjøen: Svenska Naturvårdsverket 1988  
Nordsjøen til 56°N: Pagee og Postma 1987  
Danske bidrag mellom 56 og 57°N er anslått  
Norske bidrag til Nordsjøen: Næs og medarb. 1989

Kilder	Nordsjøen	Kattegat	Skagerrak	Totalt
England	197.0	-	-	197.0
Nederland	583.0	-	-	583.0
Belgia	7.0	-	-	7.0
Vest-Tyskland	309.0	-	-	309.0
Sverige	-	48.7	19.6	68.3
Danmark	6.0	45.0	1.3	52.3
Norge	9.0	-	34.3	43.3
Østersjøen	-	110.0	-	110.0
Atmosfæren	220.0	18.1	32.0	270.1
<b>Ialt</b>	<b>1331.0</b>	<b>221.8</b>	<b>87.2</b>	<b>1640.0</b>

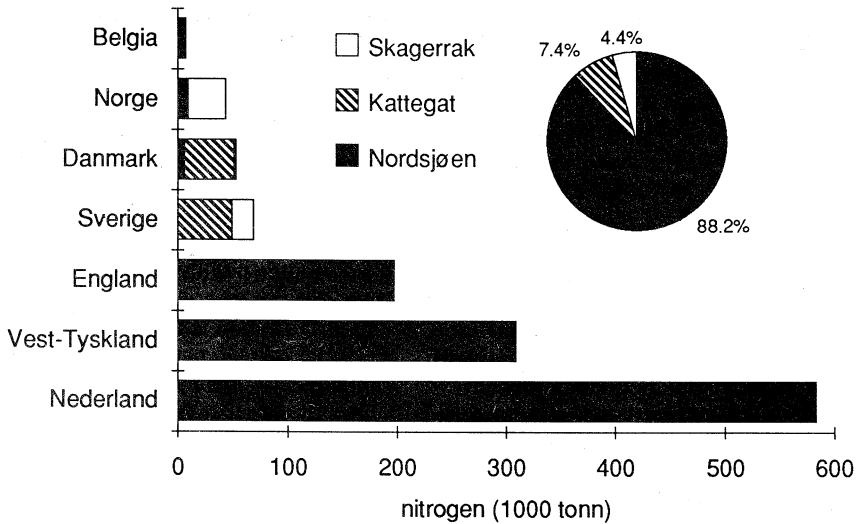
Tabell 2. Lokal tilførsel av fosfor til Nordsjøen, Kattegat og Skagerrak i tonn/år i 1980. Verdier for tilførsler fra Nord-Atlanteren og via den engelske kanal mangler.

Kilder: Skagerrak og Kattegat for 1980: ICES 1987.  
Østersjøen: Svenska Naturvårdsverket 1988  
Nordsjøen til 56°N: Pagee og Postma 1987  
Danske bidrag mellom 56 og 57°N er anslått.  
Norske bidrag til Nordsjøen: Næs og medarb. 1989

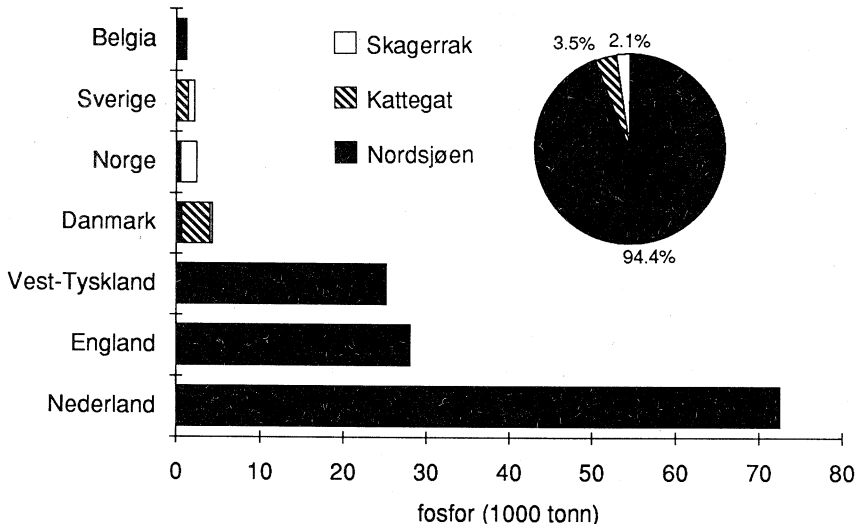
Kilder	Nordsjøen	Kattegat	Skagerrak	Totalt
England	28.000	-	-	28.000
Nederland	72.500	-	-	72.500
Belgia	1.200	-	-	1.200
Vest-Tyskland	25.100	-	-	25.100
Sverige	-	1.440	700	2.140
Danmark	630	3.310	330	4.270
Norge	550	-	1.860	2.410
Østersjøen	-	1.500	-	1.500
Atmosfæren	10.000	320	330	10.650
<b>Ialt</b>	<b>137.980</b>	<b>6.570</b>	<b>3.220</b>	<b>147.770</b>

referert her kan operere med ganske andre tilførselsverdier. Tabellene 1 og 2 kan likevel gi en viss oversikt over størrelsesordenen av tilførslene.

Ser vi på hele området under ett, utgjør den norske nitrogentilførselen under 3% av de totale tilførslene. Tabell 1 viser at de norske og danske utslippene av nitrogen utgjør drøyt 5% av utslippene dersom en ser de tre havom-



Figur 5. Lokale tilførsler av nitrogen til Nordsjøen, Skagerrak og Kattegat (1000 tonn/år). Anslagene for tilførsler fra atmosfæren, fra Østersjøen og fra Atlanterhavet er ikke tatt med her. (ICES 1987, SNV 1988).



Figur 6. Lokale tilførsler av fosfor til Nordsjøen, Skagerrak og Kattegat (1000 tonn/år). Anslagene for tilførsler fra atmosfæren, fra Østersjøen og fra Atlanterhavet er ikke tatt med her. (ICES 1987, SNV 1988).

rådene under ett og inkluderer tilførsler fra Østersjøen og fra atmosfæren. Norges nitrogen-bidrag til Skagerrak utgjør tilsvarende ca. 40% av de lokale tilførsler. Fortsatt er det ikke tatt hensyn til de betydelige tilførsler fra Atlanterhavet. Nederland og Vest-Tyskland har de største utslippene til Nordsjøen, tilsammen utgjør disse ca. halvparten av alle lokale utslipp (figur 5). Det er også verdt å merke seg at atmosfærisk bidrag utgjør i størrelsesorden 15—20% av de «totale» tilførslene.

Bildet er stort sett det samme når det gjelder utslipp av fosfor, som vist i tabell 2. De norske utslippene utgjør knappe 2% av de totale utslippene til hele området. Også for fosfor er utslippene fra Nederland, England og Vest-Tyskland de desidert største (figur 6). Nedbørens bidrag til fosfor-tilførslene er anslått til knapt 10%.

Elmgren og Rosenberg (1987) oppgir samlede landutslipp av nitrogen og fosfor til Skagerrak fra lokale landområder til hhv 106.000 tonn og 7.000 tonn, dvs. ikke særlig forskjellig fra analysene i tabell 1 og 2.

Det er vanskelig å anslå hvor store bidragene er fra Nordsjøen til Skagerrak og Kattegat, men vi drister oss til å gjøre et grovt overslag. Hainbucher et al. (1986) angir midlere vanntransport nordover langs den danske vestkyst (ved 55°50' N) til omlag 8.000 km<sup>3</sup>/år. Dersom vi antar en midlere konsentrasjon av fosfor og nitrogen på henholdsvis 20 mgP/m<sup>3</sup> og 200 mgN/m<sup>3</sup> utgjør dette en transport på størrelsesorden 160.000 tonn P og 1,6 mill. tonn N pr. år. Selvom ikke alt dette kommer inn i Skagerrak/Kattegat antyder dette enormt store tilførsler i forhold til de lokale bidrag.

En enda mer usikker kilde er tilførsler av vann fra Atlanterhavet, men det er grunn til å tro at denne er vesentlig større. Dooley (1974) oppgir at transporten av Atlanterhavsvann til Skagerrak og Kattegat er ca. 35.000 km<sup>3</sup>/år. Hovedkilden til fosfor og nitrogen i Skagerraks dypvann er tilførsler fra Atlanterhavet og dette kan komme til overflaten ved sk «doming» og «upwelling».

### **Forurensningskilder til Skagerrak, Kattegat og Nordsjøen**

Det finnes endel overslag over hvilke aktiviteter som har forårsaket disse tilførslene. Slike beregninger har også den ulempe at de ikke kan sammenliknes direkte da de gjerne er satt opp med forskjellige forutsetninger. Her skal vi bare nevne et par eksempler på slike beregninger (tabell 3 og 4). SFT har i et internt notat satt opp en oversikt over tilførslene til Skagerrak-kysten (inkl. Nordsjøkysten nord til Hordaland). I tabellene er ikke naturlig bakgrunnsavrenning tatt med, slik at oversiktene kun representerer de tilførslene som skyldes menneskelig aktivitet.

En må være varsom med å trekke konklusjoner fra tabell 3 og 4, men de indikerer at jordbruk er den største kilden til nitrogenutslipp. For fosfor er derimot utslipp fra befolkning den klart dominerende. De norske anslagene viser betydelige avvik. SFTs tall viser at jordbruk bidrar betydelig mer enn Næs og medarb. sine tall. Årsaken til dette er bruk av forskjellige avrenningskoeffisienter. SFTs beregningsgrunnlag er ikke rapportert idet denne artikkelen går i trykken, men det ventes at GEFOs undersøkelser for Handlingsplanen

**Tabell 3. Tilførsler av N til Nordsjøen, Kattegat og Skagerrak fordelt på antropogene kilder i %.**

Kilder: Nordsjøen: Lidgate 1988  
 Kattegat: ICES 1987  
 Skagerrak-I: SFT 1988  
 Skagerrak-II: Næs og medarb. 1989

	Nordsjøen	Kattegat <sup>1</sup>	Skagerrak-I <sup>2</sup>	Skagerrak-II <sup>2</sup>
Befolkning	37	30	21	29
Jordbruk	60	65	63	45
Industri <sup>3</sup>	3	5	16	26

1. "land drainage" i ICES 1988 er tolket som diffus landbruksavrenning.
2. Gjelder norske utslipp
3. Gjelder kun industri med direkte utslipp.  
 For Nordsjøen gjelder dette kun kunstgjødselindustri. For norske utslipp til Skagerrak har vi tatt fiskeoppdrett med i kategorien industri.

**Tabell 4. Tilførsler av P til Nordsjøen, Kattegat og Skagerrak fordelt på antropogene kilder i %**

Kilder: Nordsjøen: Lidgate 1988  
 Kattegat: ICES 1987 Skagerrak-I: SFT 1988  
 Skagerrak-II: Næs og medarb. 1989

	Nordsjøen	Kattegat <sup>1</sup>	Skagerrak-I <sup>2</sup>	Skagerrak-II <sup>2</sup>
Befolkning	68	75	28	52
Jordbruk	25	15	52	30
Industri <sup>3</sup>	7	10	20	18

1. "land drainage" i ICES 1988 er tolket som diffus landbruksavrenning.
2. Gjelder norske utslipp
3. Gjelder kun industri med direkte utslipp.  
 For Nordsjøen gjelder dette kun kunstgjødselindustri. For norske utslipp til Skagerrak har vi tatt fiskeoppdrett med i kategorien industri.

mot landbruksforurensning vil bidra til å gi et bedre vurderingsgrunnlag i løpet av våren 1989.

De norske industriutslippene til Skagerrak er prosentvis vesentlig høyere enn de andre lands industriutslipp til Nordsjøen og Kattegat. Hovedkilden til de norske industriutslippene av næringsalter er Hydro Porsgrunn og industri i Østfold. Omregnet til tonn fosfor er derimot de totale norske industriutslippene vesentlig mindre enn tilsvarende utslipp til Kattegat og Nordsjøen.

## Norske tilførsler til Skagerrak

Tilsvarende beregninger er også gjort for mindre avgrensede kystområder og vassdrag langs den norske Skagerrakkysten. Her skal vi gi et par eksempler der også naturlig bakgrunnsavrenning er tatt med.

Tabell 5 og 6 viser at fordelingen mellom kilder til næringsalt-utslipp varierer betydelig fra et område til et annet. Dette viser viktigheten av å studere hele aktivitetsområdet i et nedbørfelt før det tas beslutning om tiltak.

**Tabell 5. Totale tilførsler av nitrogen fra endel landområder. Fordeling på kilder i %.**

Kilder: Drammensfd.: Fylkesmannen i Buskerud 1987  
 Vestfold: Fylkesmannen i Vestfold, under utarb.  
 Indre Oslofd.: Baalsrud og Holtan 1987  
 Otra og Nidelva: A.Hindar pers.medd.

Kilde	Drammens		Indre		Nidelva <sup>3</sup>	Orre- vassdr.
	fjorden <sup>1</sup>	Vestfold	Oslofd.	Otra <sup>2</sup>		
Befolkning	30	31	81	6	5	1
Landbruk	42	40	5	6	7	97
Industri	7	1	10	4	-	-
Landarealer	21	28	4	40	49	2
Langtransportert	-	-	-	44	39	-

1. Lokale tilførsler fra Vikersund til Svelvik
2. Ikke medregnet Kristiansand
3. Ikke medregnet Arendal

**Tabell 6. Totale tilførsler av fosfor fra endel landområder. Fordeling på kilder i %.**

Kilder: Drammensfd.: Fylkesmannen i Buskerud 1987  
 Vestfold: Fylkesmannen i Vestfold, under utarb.  
 Indre Oslofd.: Baalsrud og Holtan 1987  
 Otra og Nidelva: A.Hindar pers.medd.

Kilde	Drammens		Indre		Nidelva <sup>3</sup>	Orre- vassdr.
	fjorden <sup>1</sup>	Vestfold	Oslofd.	Otra <sup>2</sup>		
Befolkning	67	69	87	21	20	3
Landbruk	16	19	5	9	10	95
Industri	3	5	6	16	-	-
Landarealer	14	7	2	42	50	2
Langtransport	-	-	-	22	20	-

1. Lokale tilførsler fra Vikersund til Svelvik
2. Ikke medregnet Kristiansand
3. Ikke medregnet Arendal

Otra og Nidelva er tatt med som to typiske vassdrag for Sørlandet (Hindar, pers.medd.). Andelen «naturlig bakgrunnsavrenning» oppstrøms hhv Kristiansand og Arendal utgjør der nesten halvparten av tilførslene av nitrogen og fosfor. I tillegg finner Hindar en betydelig tilførsel av nitrogen (ca. 40%) og fosfor (ca. 20%) som tilskrives langtransportert forurensning.

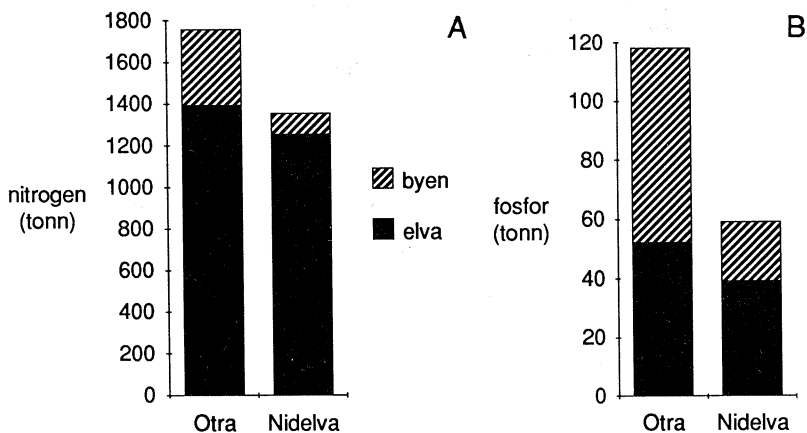
Typisk for mange norske vassdrag er også at det meste av bosetting og industri er lokalisert til kystområdet.

Dette gjør betydelige utslag på den samlede transporten til Skagerrak, spesielt for fosfor (figur 7). Omlag halvparten av alt fosfor som tilføres kysten utenfor disse vassdragene skyldes utslipp fra de to byene.

### **Norske tilførsler beregnet med Lenka-modellen**

Gjennom LENKA-prosjektet (Landsomfattende egnethetsvurdering av den norske kystsonen og vassdragene for akvakultur) er det utviklet en modell for





Figur 7. Tilførsler av nitrogen (A) og fosfor (B) i tonn/år til Skagerrak via Otra og Nidelva samt verdier for tilførsler fra befolkningen i hhv Kristiansand og Arendal (A. Hindar pers. medd.)

beregning av tilførsler til marine områder. Denne gir oss en mulighet til å sette opp en oversikt over de totale utslippsmengdene. Dette avsnittet presenterer noen resultater fra den aktuelle kyststrekning. Her blir hovedtrekkene for metoden beskrevet. For detaljer henvises til Ibrek (1989).

De fleste av dataene som er brukt for å beregne næringssalt-tilførslene til LENKA-sonene ble innhentet fra NVEs Vassdrags-register. Som en del av Vassdragsregisteret har Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen (NVE) og Statistisk Sentralbyrå (SSB) utarbeidet hydrologiske statistikkområder med oversikt over arealer, landbruk og befolkning. Dataene er fra Jordbruks-tellinga 1979 og Folke- og bolig-tellinga i 1980. Opplysninger om rensanlegg ble gitt av Fylkesmennes Miljøvern-avdelinger.

Data om industriutslipp ble forsøkt

innhentet fra Statens forurensningstilsyn (SFT). SFT kunne imidlertid bare gi opplysninger om de bedriftstyper som er konsesjonspliktig, dvs. de største forurenserne. De fleste av disse har små utslipp av næringssalter og organisk stoff.

#### Samlede tilførsler til kyststrekningen

Beregnete utslipp av nitrogen er vist i tabell 7. Som i foregående tabeller må tallene brukes med forsiktighet. Vi tror imidlertid at tallene kan brukes til å vurdere betydningen og den relative størrelsen av de ulike utslippskildene.

Jordbruk er den klart største kilden til utslipp av nitrogen. Befolkning og industri bidrar hver med ca. 20–25%. Det er også verdt å merke seg at bakgrunnsavrenningen, dvs. skog- og naturområder, bidrar med ca. en femtedel av de totale tilførslene. Industriens utslipp av nitrogen er betydelige.

Tabell 7. Norske utslipp av nitrogen (tonn/år) på strekningen fra svenske grensa til Hordaland. Beregnet ut fra informasjonen i Vassdragsregisteret fordelt på LENKA-soner (fra Næs og medarb. 1989).

Fylke/områder	Befolkning	Jordbruk	Industri	Fiskeoppdrett	Skog/fjell	SUM	
Ytre Oslofjord	7388	11168	6085	-	4364	29005	
Telemark	2609	1237	3764	}	322	7932	
Aust-Agder	460	600	30		42	867	1978
Vest-Agder	615	930	67		1641	3274	
Rogaland	1260	4431	52		557	998	7298
<b>SUM i tonn:</b>	<b>12332</b>	<b>18366</b>	<b>10028</b>	<b>599</b>	<b>8192</b>	<b>49487</b>	
<b>%-fordeling</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>100</b>	

Tabell 8. Norske utslipp av fosfor (tonn/år) på strekningen fra svenskegrensa til Hordaland Beregnet ut fra informasjonen fra Vassdragsregisteret fordelt på LENKA-soner (Næs og medarb.1989).

Fylke/område	Befolkning	Jordbruk	Industri	Fiskeoppdrett	Skog/fjell	SUM	
Ytre Oslofjord	858	399	282	-	142	1681	
Telemark	69	36	50	}	38	193	
Aust-Agder	70	25	5		5	20	120
Vest-Agder	101	31	9		53	186	
Rogaland	204	222	11		65	39	540
<b>SUM i tonn:</b>	<b>1302</b>	<b>713</b>	<b>357</b>	<b>70</b>	<b>292</b>	<b>2720</b>	
<b>%-fordeling:</b>	<b>48</b>	<b>26</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	

Hydro Porsgrunn slapp i 1987 ut ca. 3700 tonn nitrogen, men dette ventes å bli vesentlig redusert i de nærmeste årene.

Tabell 8 viser beregnede fosforutslipp fra ulike kilder. I følge tabellen bidrar utslipp fra befolkning med ca. 50% av tilførselene av fosfor til den norske kyststrekningen. Jordbruk bidrar med ca. 25–30%. Sammenlignet med de totale utslipp utgjør industri og fiskeoppdrett forholdsvis lite. Omfanget av fiskeoppdrett er lite på denne strekningen.

#### Regionale oversikter

For å se nærmere på regionale forskjeller langs norskekysten har vi delt strekningen fra svenskegrensen til Hor-

daland i tre. Disse blir presentert og vurdert hver for seg. Inndelingen er som følger:

- Oslofjorden (Vestfold, Hedmark, Oppland, Akershus, Buskerud, Østfold)
- Telemark, Aust-Agder og Vest-Agder
- Rogaland

Næringssalttilførselene til disse kyststrekningene blir presentert og vurdert i det følgende. Oversikten omfatter bare bidrag fra land og fra fiskeoppdrett, mens atmosfærisk bidrag ikke er tatt med her.

Oslofjorden (Indre og Ytre)

Glomma, som drenerer store deler av Østlandet, er hovedkilden for fosfor og

**Tabell 9. Tilførsler av fosfor og nitrogen til Oslofjorden i tonn (Næs og medarb. 1989).**

Kilde:	Fosfor		Nitrogen	
	tonn	%	tonn	%
Befolkning	858	51	7388	25
Jordbruk	399	24	11168	38
Industri	282	17	6085	21
Fiskeoppdrett	-	0	-	0
Skog/fjell	142	8	4364	15
<b>SUM:</b>	<b>1681</b>	<b>100</b>	<b>29005</b>	<b>100</b>

nitrogen til Oslofjorden. Bidraget fra kommunale avløp i Oslo er også betydelig. I tabell 9 er det satt opp en oversikt som viser totale tilførsler og fordelingen mellom kilder. Denne fordelingen mellom kilder er delvis basert på antakelser (gjelder bidraget fra Glomma). Tabellen viser at bidraget fra befolkning utgjør drøyt halvparten av fosfortilførslene. Jordbruket bidrar med ca. en fjerdedel.

Jordbruket er den største kilden for nitrogen. Befolkning bidrar med en fjerdedel av tilførslene, mens industri bidrar med en femtedel.

#### Telemark — Agder

På strekningen Telemark—Vest-Agder er befolkning den klart største fosforkilden, mens nitrogen tilføres like mye fra befolkning og industri. I dette området og i Rogaland skal en være oppmerksom på at bidraget fra langtransportert nitrogen kan være betydelig. Dette forholdet er det ikke tatt hensyn til i disse beregningene (se Faafeng 1989).

#### Rogaland

I Rogaland, som er det mest intensivt drevne jordbruksområdet i Norge, er

**Tabell 10. Tilførsler av fosfor og nitrogen til sjøområder i Telemark - Agder i tonn (Næs og medarb. 1989).**

Kilde:	Fosfor		Nitrogen	
	tonn	%	tonn	%
Befolkning	240	50	3684	28
Jordbruk	92	19	2767	21
Industri	31	7	3861	29
Fiskeoppdrett	5	1	42	1
Skog/fjell	111	23	2830	21
<b>SUM:</b>	<b>479</b>	<b>100</b>	<b>13184</b>	<b>100</b>

jordbruket den klart største forurensningskilden, både når det gjelder fosfor og nitrogen. Rogaland er det fylket i Norge som har det største forurensningsbidraget fra jordbruket (Næs og

medarb. 1989). Bakgrunnsavrenningen er større enn bidraget fra befolkning når det gjelder tilførsler av nitrogen. Fiskeoppdrett er også en betydelig og økende forurensningskilde i Rogaland.

Tabell 11. Tilførsler av fosfor og nitrogen til sjøområder i Rogaland i tonn (Næs og medarb. 1989).

Kilde:	Fosfor		Nitrogen	
	tonn	%	tonn	%
Befolkning	204	38	1260	17
Jordbruk	222	41	4431	60
Industri	11	2	52	1
Fiskeoppdrett	65	12	557	8
Skog/fjell	39	7	998	14
SUM:	541	100	7298	100

### Skagerrakkysten — Kan handlingsplanen oppfylles?

Ser vi nærmere på Skagerrakkysten samt Rogaland (jfr. figur 1), som er det området handlingsplanen gjelder for, viser tabell 1 og 2 at tilførslene av næringssalter fra landområder er i størrelsesorden 2600 tonn fosfor og 50.000 tonn nitrogen (Næs og medarb. 1989). Den menneskeskapte andelen av dette er ca. 2.300 tonn fosfor og ca. 42.000 tonn nitrogen, dvs. 80—90% av de norske tilførsler. Handlingsplanen forutsetter 50% reduksjon av utslippene, men det er ikke definert nærmere hvilke utslipp det er snakk om. Det er naturlig å se bare på den menneskeskapte delen, dvs. utslipp fra befolkning, jordbruk og fiskeoppdrett. Atmosfærisk nitrogen og fosfor tilføres i hovedsak fra kontinentet og norske myndigheter vil bare kunne kontrollere disse gjennom frivillige, internasjonale avtaler. Er det så mulig å redusere fosfor-tilførslene med drøyt 1.100 tonn og nitrogen-tilførslene med drøyt 21.000 tonn innen 1995?

Elmgren og Rosenberg (1987) oppgir at økningen i landbaserte tilførsler til Skagerrak og Kattegat i løpet av de siste 100 år er beregnet til 10—20 ganger for fosfor og 6 ganger for nitrogen. Det er hevet over tvil at disse tilførslene gir alvorlige lokale forurensningseffekter

mange steder, f.eks. er store arealer i danske farvann rammet av oksygen-svinn i perioder. Indre Oslofjord, Glommaestuaret, Frierfjorden, Tvedestrandsfjorden og Flekkefjorden er eksempler på annen lokal overgjødning. Slike lokale problemer må få sin løsning ved lokale tiltak.

Som vi har understreket tidligere er det nødvendig å også ta med i betraktning bidragene fra tilgrensende landområder (Norge, Sverige og Danmark), tilgrensende havområder (Østersjøen, Kattegat og Nordsjøen) og atmosfæren. Det er idag ikke mulig å gi et tilfredsstillende bilde av den totale situasjonen da særlig bidragene fra Nordsjøen og Atlanterhavet er ukjente, men antagelig meget store. Grove anslag tyder på at bidraget fra Nordsjøen alene er en størrelsesorden større enn de lokale bidrag. I dette perspektivet utgjør norske tilførsler mindre enn 1% av de totale tilførsler av nitrogen og fosfor. Dette forsterkes også av at vår kyst danner «siste vogn på toget» for strømsystemene gjennom området og at tilførslene deretter fortynnes langs Vestlandskysten. Vi mener derfor at en halvering av norske utslipp av næringsstoffer neppe vil gi merkbare effekter i Skagerrak. Utslippene fra Nederland, Vest-Tyskland og England er etter vår

oppfatning av avgjørende betydning for forholdene i Skagerrak. Vedtaket om norske reduksjoner har derfor neppe faglig holdbar begrunnelse, men er nødvendig av politiske årsaker.

Tiltak mot diffuse kilder er nødvendig, men vi kjenner ikke effektive metoder for å redusere disse idag annet enn ved å redusere forurensningsproduksjonen ved kilden.

Det synes som en kombinasjon av konvensjonelle rens tiltak mot kommunale og industrielle punktkilder og tiltak i landbruket må være viktige virkemidler for å nå målene. For nitrogen er dagens rens teknologi fortsatt mangelfull (konf. Ødegaard 1988) og aktuell rensgrad er ganske lav. Selv med nitrogenfjerning på alle kommunale rensanlegg >10.000 pe langs Skagerrak-kysten vil bare 1/3 av N fra befolkning fjernes. Dette tilsvarer ikke mer enn ca. 10% av våre nitrogenutslipp langs denne kyststrekningen. Pga stor andel av spredt bosetting er det heller ikke realistisk å vente altfor stor rens effekt for fosfor, totalt sett. Konvensjonell avløpsrensing vil derfor langt fra være tilstrekkelig (og kanskje bare nødven-

dig i begrenset skala?). For å oppnå 50% reduksjon av fosfor-tilførslene, som tilsvarer det totale fosforutslippet fra befolkning, er det klart at meget omfattende tiltak må iverksettes. Reduksjon av nitrogenutslippene krever langt mer omfattende tiltak. Nitrogen-bidraget fra befolkning utgjør bare 25% av alle norske tilførsler av nitrogen. Dette antyder noe om omfanget av tiltakene som må settes inn. Effekten av tiltak i landbruket er lite kjent idag, men det er grunn til å tro at effektive tiltak vil kreve betydelig omlegging av dagens aktiviteter i de mest utsatte områder. Tidsfaktoren vil også gi stor usikkerhet. Bruk av plantebaserte systemer (se Liltvedt og medarb. 1989), og maksimal utnyttelse av andre naturlige rensprosesser i vassdrag og fjorder (se Faafeng 1989) vil også være nødvendig for å oppnå de ønskede reduksjoner.

Selv med stor satsing på forskning og utvikling, samt raske pålegg om tiltak, vil mange av tiltakene ikke gi den tilsiktete effekt før ut i neste århundre. Etter vår mening synes det derfor ikke realistisk å vente 50% reduksjon av norske bidrag av nitrogen og fosfor til Skagerrak innen 1995.

## LITTERATUR

- Aksnes, G. L., J. Aure, K. K. Furnes, H. R. Skjoldal og R. Sætre, 1988. Analysis of the *Chrysochromulina polylepis* bloom in the Skagerrak, May 1988. Environmental conditions and possible causes. Bergen Scientific Centre rapp. 89/1. 38 s.
- Berge, G. og S. T. Källqvist, 1988. Algetilgjengelighet av fosfor i jordbruksavrenning sammenliknet med andre forurensningskilder. Fase 1 fremdriftsrapport. NIVA 0-87064, rapp. nr. 2178, 25 s.
- Baalsrud, K. Og Holtan, G. 1987. Forurensningsprognose for Indre Oslofjord, NIVA 0-86209, 37 s.

- Dooley, H. D. 1974. Hypothesis concerning the circulation of the North Sea. *Journ. de Conceil Intern. pour l'Exploration de la Mer* 36: 54—61.
- Elmgren, R. og R. Rosenberg, 1987. Hur mår havet? *Forskning och Framsteg* 7: ??.
- Fylkesmannen i Buskerud, 1987. Tiltaksplan mot forurensning i Drammenselva og Drammensfjorden. Rapp. 5/87. 56 s.
- Fylkesmannen i Vestfold. Rapport om forurensningsregnskap for Vestfold. Under utarb.
- Faafeng, B. A., 1989. Omsetning av nitrogen i vassdrag — Naturlige prosesser fjerner også nitrogen! VANN, dette nr.
- Faafeng, B. A., Å. Brabrand, P. Brettum, T. Gulbrandsen, J. E. Løvik, B. Rørslett, S. J. Saltveit og T. Tjomsland, 1985. Overvåking av Orrevassdraget — Hovedrapport 1979—83. Statlig program for forurensningsovervåking rapp. nr. 191A/85 (NIVA 0-8000217 rapp. nr. 1755) 128 s.
- Gerlach, S. A. 1988. Nutrients — an overview. In: (red. P. J., Newman og A. R. Agg) *Int. Techn. Conf. on Environmental Protection of the North Sea*, London: 147—175.
- Hainbucher, D., T. Pohlmann og J. O. Backhaus (in press). Transport of conservative passive tracers in the North Sea: first results of a circulation and transport modell. *Continental Shelf Res.* (ikke lest, sitert fra Gerlach 1988).
- Ibrekk, H. O., 1988. Eutrofisisituasjonen i Ytre Oslofjord. Delprosjekt 3.1 Forurensningstilførsler. SFT Overvåkingsrapport 325/88. NIVA 0-8801102. 44 s.
- Ibrekk, H. O., 1989. Beregning av forurensningstilførsler til LENKA-sonene. Beskrivelse av metode. NIVA-notat 0-88145.
- Norges Naturvernforbund, 1989. En dråpe i havet.
- Næs, K., U. O. Ibrekk, L. Lingsten og J. Molvær, 1989. Omfang av landbruksforurensninger i marine områder — forprosjekt. NIVA-rapport 0-88152 (in press).
- ICES, 1987. Assessment of the environmental conditions in the Skagerrak and the Kattegat (red. P. T. Hognestad). ICES Cooperative report 149, 45 s.
- Lancelot, C., G. Billen, A. Sournia, T. Weisse, F. Colijn, M. Veldhuis, A. Davies og P. Wassman, 1987. Pheocystis blooms and nutrient enrichment in the continental coastal zones of the North Sea. *Ambio* 16 (1): 38—46.
- Lidgate, H. J., 1988. Nutrients in the North Sea — a fertilizer industry view. In: (red. P. J. Newman og A. R. Agg) *Int. Techn. Conf. on Environmental Protection of the North Sea*, London.

- Liltvedt, H., T. Källqvist og B. A. Faafeng, 1989. Nitrogenfjerning fra kommunale avløp ved bruk av plantebaserte systemer. NIVA 0-88171, rapp. nr. 2208. 58 s.
- Pagee, J. A. van og L. Postma, 1987. The use of modelling techniques for impact assessment of water inputs. Proc. 2nd North Sea Seminar '86, Rotterdam.
- Pingree, R. D., P. M. Holligan, G. T. Mardell og R. P. Harris, 1982. Vertical distribution of plankton in the Skagerrak in relation to doming of the seasonal thermocline. Cont. Shelf Research 1 (2): 209—219.
- Statens Forurensningstilsyn, 1988. Notat om forurensning av Skagerrak.
- Svansson, A., 1975. Physical and chemical oceanography of the Skagerrak and the Kattegat. I. Open sea conditions. Fishery board of Sweden, Inst. Mar. Res Rap. 1. 88 s.
- Svenska Naturvårdsverket, 1988. Monitor.
- Ødegaard, H. (red.), 1988. Fjerning av nitrogen i avløpsvann. Samling av foredrag fra seminar ved NTH, Trondheim. november 1988. Tapir forlag. 222 s.