

Nordsjøplanen — metoder for arbeidet og resultater

Av Hans Olav Ibrekk, Kjell Baalsrud og Jarle Molvær

Alle artikkelforfatterne er ansatt ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA).

Sammendrag

Deler av metodegrunnlaget utarbeidet av NIVA i samarbeid med SFT for oppfølging av næringssaltdelen av Nordsjødeklarasjonen presenteres i denne artikkelen. Hovedvekten er lagt på metoden for å anslå behovet for å redusere tilførslene av næringssaltene fosfor og nitrogen ut fra lokale krav til vannkvalitet. Kyststrekningen og vassdragene fra Svenskegrensen til Lindesnes ble inndelt i resipientområder. For hvert område er behovet for reduksjoner av tilførslene ut fra foreslått krav til vannkvalitet beregnet. Resultatene viser at det er størst behov for å redusere tilførslene på kyststrekningen Svenskegrensen til Jomfruland. Analysen viser at Nordsjøavtalens krav om en reduksjon av menneskeskapte tilførsler av nitrogen og fosfor i størrelsesorden 50% synes å være bra i overensstemmelse med behovet for å nå lokale mål til vannkvalitet. Skagerrakkysten er så variert og brukerinteressenes krav til rent miljø så høye, at utslipp av utilstrekkelig rensset avløpsvann bare bør skje etter nøye vurderinger. Ved fastlegging av renssetiltak må alle forureningsformene vurderes, f.eks. tungmetaller, hygiene, partikler, etc. Kjemisk rennsning av de største utlippene vil eliminere de fleste miljøvirkningene.

Forord

På oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) og Miljøverndepartementet har Norsk institutt for vannforskning (NIVA) utført en rekke ulike oppdrag i tilknytning til Nordsjøplanen:

- Utvikling av modell for beregning av teoretisk fosfor- og nitrogentilførsler til vassdrag fra ulike kilder.
- Inndeling av kyststrekningen fra Svenskegrensen til Lindesnes i resipientområder.
- Vurdering av behovet for reduksjoner av tilførsler av fosfor og nitrogen for å nå krav til lokal vannkvalitet til hvert enkelt resipientområde.
- Vurdering av retensjon av fosfor og nitrogen i vassdrag.
- Vurdering av biotilgjengelighet.
- Vurdering av nytten av tiltakene.

Hovedresultatene er presentert i tre rapporter, én for vassdrag (Ibrekk et al., 1991), én for marine områder (Baalsrud et al., 1991) og én sammendragsrapport (Ibrekk et al., 1991). Målet med artikkelen er å presentere hovedtrekkene i de metodene som er brukt, samt presentere de viktigste resultatene.

1. Innledning

På den 2. Nordsjøkonferansen i London høsten 1987 ble landene rundt Nordsjøen enige om at tilførslene av næringsalter fra menneskeskapt kilder til utsatte områder skulle reduseres med størrelsesorden 50% innen 1995, med 1985 som basisår. Dette vedtaket ble bekreftet på den 3. Nordsjøkonferansen i Nederland i 1990. Vinteren 1990 ble de utsatte områder i Norge definert til å være strekningen fra Svenskegrensen til Lindesnes i Vest-Agder.

Arbeidet med utvikling av metodegrunnlaget og gjennomføring av nødvendige analyser for å vurdere hvordan Norge mest kostnadseffektivt kan nå målet, ble ledet av Miljøverndepartementet og Statens forurensningstilsyn (SFT). Det ble gjennomført tre ulike analyser:

1. Mest kostnadseffektiv oppfyllelse av Nordsjøforpliktelsene, *uten* hensyn til lokale krav til vannkvalitet (minimumskostnad).
2. Mest kostnadseffektiv oppfyllelse av Nordsjøforpliktelsene, *med* hensyn til lokale krav til vannkvalitet (NIVAs oppgave).
3. Billigst mulig oppfyllelse av Nordsjøforpliktelsene, når lokale vannkvalitetsforbedringer gis en *pengeverdi*.

Det arbeidet som presenteres her gjelder analyse nr. 2. Utgangspunktet var å vurdere tilstanden i ferskvannsresipientene og de marine områder på strekningen fra Svenskegrensen til Lindesnes og anslå behovet for å redusere tilførslene av næringsaltene fosfor og nitrogen ut fra lokale krav til vannkvalitet.

2. Metoden

Arbeidet som presenteres omhandler bare næringssaltdelen av Nordsjøavtalen. Andre effekter i lokalmiljøet av forurensende utslipp, som f.eks. hygieniske, miljøgifter, flytestoffer, osv. er ikke drøftet. Ved en helhetsvurdering av tiltak må også disse effektene trekkes inn. Metoden kan sammenfattes i følgende hovedpunkter:

1. Inndeling i resipientområder. Kyststrekningen fra Svenskegrensen til Lindesnes ble inndelt i mest mulig homogene resipientområder. Vassdragene som drenerer til de marine resipientområdene ble i tillegg inndelt i delresipientområder.
2. Vurdering av retensjon av fosfor og nitrogen. Nordsjømålet omfatter reduksjon av utslippene til kysten med i størrelsesorden 50%. Retensjon av fosfor og nitrogen i vassdragene ble vurdert.
3. Beregning av forurensningstilførsler. Årlige normale tilførsler av fosfor og nitrogen til hvert enkelt resipientområde og delresipientområder som vassdragene er inndelt i, ble beregnet ved hjelp av en beregningsmodell utviklet som en del av prosjektet.
4. Prinsipper for fastsetting av generell mål for vannkvalitet. Utgangspunktet for analysen er at vannkvaliteten i norske elver, innsjøer og fjorder skal forbedres slik at brukerinteressenes krav til vannkvaliteten, blir tilfredsstillt.
5. Beregning av akseptabel belastning av fosfor og nitrogen for å nå ulike forurensningsklasser. Med utgangspunkt i vannkvalitetskriteriene for ferskvann og forslag til kriterier for

marine områder, ble det satt krav til konsentrasjon av fosfor og nitrogen for å nå de ulike forurensningsklasser.

6. Beregning av nødvendig reduksjon i belastning av fosfor og nitrogen for å nå ulike forurensningsklasser. Nødvendig reduksjon i belastning av fosfor og nitrogen i hvert delresipientområde ble beregnet ut fra dagens tilførsler og akseptabel belastning for å nå de ulike forurensningsklassene.
7. Fastsetting av mål for lokal vannkvalitet i resipientområder. Mål for lokal vannkvalitet i hvert delresipientområde ble foreslått ut fra dagens tilstand, dagens bruk og framtidig bruk. Ut fra en skjønnsmessig vurdering anbefales en framtidig forurensningsklasse i hvert delresipientområde.
8. Er Nordsjømålet oppfylt? Siste del av analysen var å vurdere:
 - a. Om Nordsjøplanens krav til reduksjoner også tilfredsstillende hensynet til lokale vannkvalitetsforbedringer, eller
 - b. hvor store reduksjoner i tilførselene til Nordsjøen er nødvendig for å oppnå full tilfredsstillende av kravene til lokale vannkvalitetsforbedringer.

3. Begrensninger — usikkerheter

Enge feltundersøkelser for å verifisere deler av arbeidet ble ikke utført. I enkelte deler av arbeidet er det brukt stor grad av skjønn. Beregningene som presenteres er delvis beheftet med vesentlig usikkerhet. Innenfor oppdragets rammer var det ikke mulig å utvikle

metoder som ivaretar hensynet til usikkerhet på en god måte. Vi valgte derfor å være «konservative» i våre anslag, dvs. at usikkerheten kommer naturen til gode.

4. Inndeling i resipientområder — retensjon og biotilgjengelighet

Målet med inndelingen var å komme fram til en inndeling i mest mulig homogene områder, dvs. områder som geografisk og hydrografisk er noenlunde ensartet. I tillegg ble det lagt vekt på å komme fram til områder som er enkle og praktiske å håndtere.

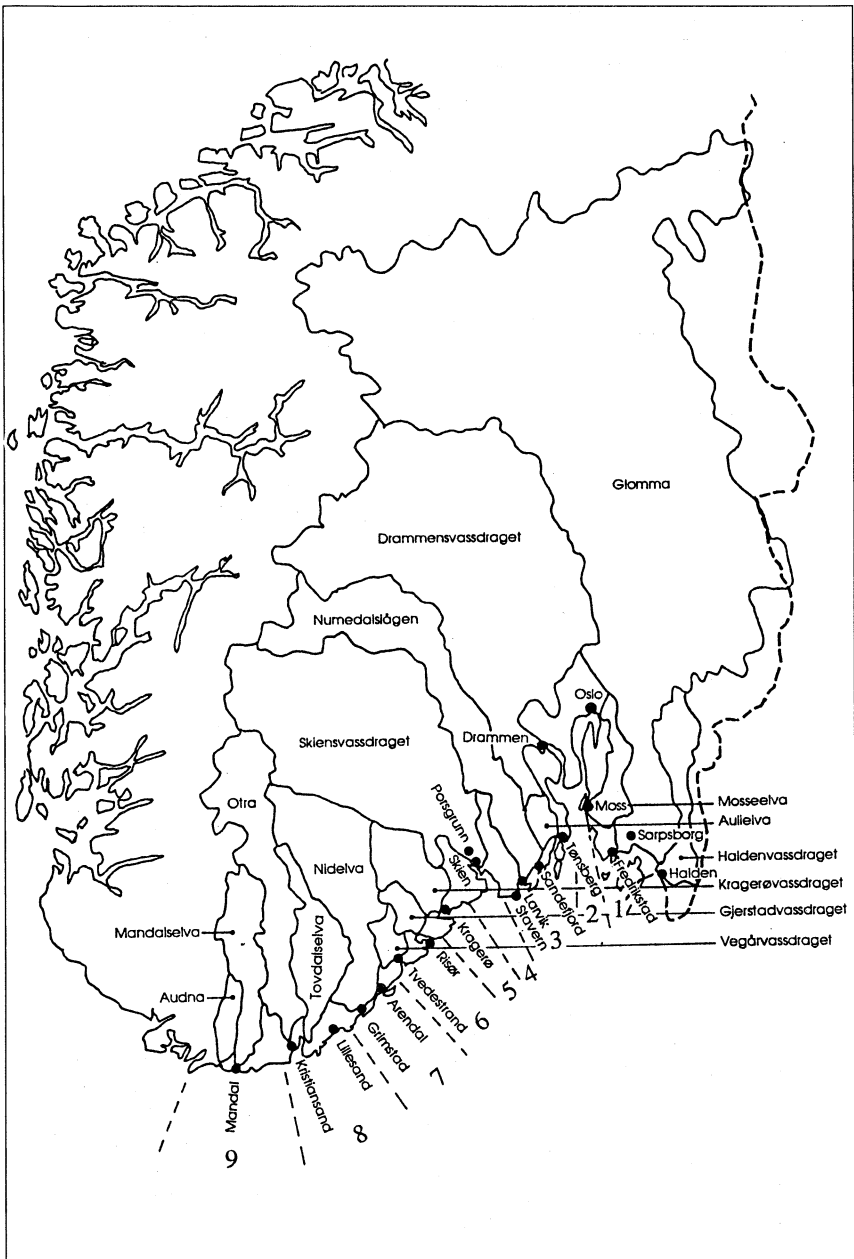
Inndeling — marine områder

Inndeling i resipientområder tok utgangspunkt i topografiske og hydrografiske forhold. Bestemmende faktorer var:

1. Tilførsler av ferskvann
2. Kyststrømmen
3. Graden av avstengthet
4. Forurensningstilstand

Primært ut fra faktorene 1 og delvis 2 ble kyststrekningen inndelt i 9 områder bestemt av utløpene av de større vassdragene. Inndelingen som ble brukt er vist i fig. 1.

Den aktuelle kyststrekningen måler ca. 300 km. Det finnes en rekke mer eller mindre avstengte områder. Særlig ømfintlige for påvirkning er terskelfjordene. Innenfor hvert av de 9 kystområdene ble det pålukket ut avstengte sjøvannsområder hvor det kan forventes at lokale forurensningseffekter har oppstått eller kan oppstå. Det ble først valgt ut ca. 120 slike områder. Antallet ble redusert ved at områder med mindre sjøflate enn 0,5 km² med liten antropogen belastning ble utelatt. Det endelige antall vurderte fjorder er 48. I tabell 1 er de vurderte områdene vist.



Figur 1. Inndeling av kyststrekningen Svenskegrensen til Lindesnes i resipientområder.

Tabell 1. Oversikt over de vurderte fjordene på strekningen Svenskegrensen til Lindesnes.

SONE	NAVN	KOMMUNE	FYLKE
1	Iddefjorden Hvalerbassenget	Halden	Østfold Østfold
2	I. Oslofjord Drammensfjorden	Flere Flere	Flere Buskerud
3	Tønsbergfjorden Mefjorden Sandefjordsfjorden Viksfjorden Larviksfjorden Naverfjorden	Tønsberg Sandefjord Sandefjord Larvik Larvik Larvik	Vestfold Vestfold Vestfold Vestfold Vestfold Vestfold
4	Langangsfjorden Eidanger-/Langesfj. Frierfjorden	Porsgrunn Porsgrunn Flere	Telemark Telemark Telemark
5	Trosbyfjorden Fossingfjorden Hellefjorden Kilsfjorden	Bamble Kragerø Kragerø Kragerø	Telemark Telemark Telemark Telemark
6	Søndeledfjorden Sørfjorden Sandnesfjorden Tvedestrandsfjorden Oksøyfjorden Eikelandsfj.	Risør Risør Risør Tvedestrand Tvedestrand Moland	Aust-Agder Aust-Agder Aust-Agder Aust-Agder Aust-Agder Aust-Agder
7	Tromøysund Arendal havn Utnesbassenget Grosfjorden Vikkilen	Flere Arendal Hisøy Grimstad Grimstad	Aust-Agder Aust-Agder Aust-Agder Aust-Agder Aust-Agder
8	Kaldvellfjorden Tingsakerfjorden Steindalsfjorden Isefjærfjorden Kvåsefjorden Korsvikfjorden Ålefjærfjorden Topdalsfjorden Vesterhavn Kristiansandsfjorden	Lillesand Lillesand Lillesand Lillesand Lillesand Kristiansand Kristiansand Kristiansand Kristiansand Kristiansand	Aust-Agder Aust-Agder Aust-Agder Aust-Agder Aust-Agder Vest-Agder Vest-Agder Vest-Agder Vest-Agder Vest-Agder
9	Høllefjorden Trysfjord, ytre Trysfjord, indre Harkmarksfjorden Mannefjorden Sniksfjorden Syrdalsfjorden Kjerkevågen	Søgne Søgne Søgne Mandal Mandal Lindesnes Lindesnes Lindesnes	Vest-Agder Vest-Agder Vest-Agder Vest-Agder Vest-Agder Vest-Agder Vest-Agder Vest-Agder

Inndeling - ferskvann

Utvelgelse av vassdragsområder ble basert på følgende kriterier:

1. Størrelse
2. Forurensningstilstand
3. Sidevassdrag
4. Vassdragsavsnitt
5. Andel innsjøer

Basert på de kriteriene som er nevnt ovenfor valgte NIVA i samråd med SFT å vurdere følgende vassdrag:

- Haldenvassdraget
- Glomma (Mjøsa, Gudbrandsdalslågen)
- Vansjø/Hobølvassdraget
- Drammenselva
- Aulielva
- Numedalslågen
- Farris
- Skiensvassdraget
- Kragerøvassdraget
- Gjerstad-/Vegårdsvassdraget
- Nidelva
- Tovdalselva
- Otra
- Mandalselva
- Audna

Disse hovedvassdragene er igjen inndelt i flere vassdragsavsnitt, kalt resipientområder.

Retensjon av fosfor og nitrogen

Retensjon, dvs. tilbakeholdelse, av fosfor og nitrogen i vassdrag har betydning når en skal vurdere den totale transporten av fosfor og nitrogen i et vassdrag. Kunnskapsnivået om retensjon av næringsalter i norske vassdrag er mangelfullt, men i «Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder» (Holtan og Åstebøl, 1990) er det anbefalt metoder for hvordan retensjon i vassdrag kan beregnes.

For hvert resipientområde er effekt-koeffisienter for fosfor og nitrogen beregnet. Effektkoeffisienter uttrykker hvor stor del av utslippene som transporteres videre, dvs. at effektkoeffisienten settes lik 1 — retensjonen. For hvert enkelt delresipientområde har vi anslått én effektkoeffisient for fosfor og én for nitrogen ut fra vurderinger av retensjon i innsjøer og elver som viser hvor stor andel av utslippene av fosfor og nitrogen som transporteres videre til nedenforliggende resipientområde.

I arbeidet med sjøområdene er det ikke tatt hensyn til retensjon og denitrifisering i fjordområdene. I mange fjorder foregår det sannsynligvis en omfattende retensjon og denitrifisering av fosfor og nitrogen. Ved å ikke ta hensyn til disse mekanismene vil behovet for reduksjoner av tilførslene i varierende grad bli overestimert.

Biotilgjengelighet

Utslipp av fosfor og nitrogen fra ulike kilder har ulik tilstandsform og biotilgjengelighet. Evnen til å produsere alger blir dermed forskjellig for de ulike utslippstypene. Biotilgjengeligheten av fosfor fra ulike kilder i ferskvann er undersøkt (Berge og Källqvist, 1990). Ved å ta hensyn til utslippenes biotilgjengelighet er det mulig å sette inn tiltak mot de kildene som har høyest biotilgjengelighet, dvs. mot de kildene som er den «beste maten» for algene.

Tilsvarende tall for biotilgjengeligheten av fosfor og nitrogen i marine områder mangler imidlertid. Derfor er ikke biotilgjengelighetskoeffisienter inkludert i Nordsjøplanen på det nåværende tidspunkt, men det tas sikte på å inkludere dette ved en senere oppdatering av planen. Dette innebærer at alle former for nitrogen og fosfor er

antatt å ha samme effekt i resipientene i denne analysen.

5. Tilførsler av næringsalter

Tabell 2 viser de årlige «normaliserte» tilførslene, dvs. fra et år med normal nedbør, av fosfor og nitrogen til kyststrekningen Svenskegrensen til Lindesnes for 1985 og 1990.

Tilførslene av fosfor til Oslofjorden utgjør ca. 1/3-del av de totale tilførslene på hele strekningen mens nitrogentilførslene til området Søndre Østfold utgjør alene over 1/3-del av de totale N-tilførslene. Dette skyldes i hovedsak Glomma. De to resipientområdene Søndre Østfold og Oslofjorden tilføres ca. 900 tonn fosfor, dvs. ca. 65% av de totale tilførslene av fosfor, og 26.000 tonn nitrogen, dvs. 63% av de totale tilførslene av nitrogen.

Nordsjødeklarasjonen setter som krav at tilførslene skal reduseres i størrelsesorden 50% innen 1995 med 1985 som basisår. Ut fra tallene er det nødvendig å redusere utslippene i 1985 av fosfor med ca. 620 tonn og utslippene av nitrogen med 14.600 tonn.

Sammenlignes utslippene i 1985 med utslippene i 1990 finner vi at utslippene av fosfor allerede er redusert med ca. 260 tonn og utslippene av nitrogen med ca. 4.500 tonn. Hovedårsaken til nedgangen er gjennomførte tiltak (bygging

av kloakkrensaneanlegg, Hydro Porsgrunn) og reduksjon av innholdet av fosfat i vaskemidler, samt tiltak i landbruket.

6. Beregning av akseptabel belastning

Akseptabel belastning i ferskvann

Akseptabel årlig belastning av fosfor og nitrogen er beregnet for alle resipientområdene. For alle områdene er forventet naturlig bakgrunnskonsentrasjon av fosfor og nitrogen bestemt. Vannkvalitetskriteriene (SFT 1989) er brukt for å bestemme akseptabel konsentrasjon av fosfor og nitrogen for å nå ulike forurensningsklasser. Det er satt opp krav til hvert resipientområde for alle forurensningsklassene.

I ferskvann er innholdet av nitrogen vanligvis ikke ansett å være noe stort vannkvalitetsproblem, men det antas at nitrogen øker den biologiske omsetnings-hastigheten og at det bidrar til å øke forekomsten av makrovegetasjon i grunne innsjøer, elver og sjøvannsområder. Selv om fosfor anses å være bestemmende for eutrofiutviklingen i ferskvann, må det også tas hensyn til at andre komponenter, deriblant nitrogen, kan ha betydning. Ved bestemmelse av eutrofitilstanden legges det hovedvekt på de komponenter som antas å være avgjørende for tilstanden, primært konsentrasjon av fosfor. Når

Tabell 2. Årlige «normaliserte» tilførsler av fosfor og nitrogen til kyststrekningen Svenskegrensen til Lindesnes i 1985 og 1990. Angitt i tonn pr.år.

Tilførsler av næringsalter	1985		1985	
	Fosfor	Nitrogen	Fosfor	Nitrogen
«Normale totale tilførsler»	1620	45700	1350	41200
Antropogen andel	1230	29200	1000	25000

det gjelder spørsmålet om nitrogenets betydning i ferskvann har NIVA i samarbeid med SFT valgt å bruke Vannkvalitetskriteriene slik de foreligger.

Differansen mellom akseptabel belastning av fosfor og nitrogen for å nå de ulike forurensningsklassene og beregnet årlig belastning, gir behovet for reduksjon av årlige tilførsler i hvert resipientområde for å nå de ulike forurensningsklassene.

Akseptabel belastning i marine områder

Et gitt fjord- eller kystområde tilføres næringssalter fra en rekke kilder. Ut fra disse tilførslene har NIVA beregnet de gjennomsnittlige konsentrasjonsøkninger som **den antropogene andelen** vil bidra til for overflatelaget i de enkelte vannforekomstene. I en slik analyse brukes tre hovedtyper av opplysninger:

- * Avgrensning av vannmassen som budsjettet skal gjelde for. Det impliserer bestemmelse av et **areal** og et karakteristisk **dyp**.
- * Midlere **oppholdstid** for denne vannmassen.
- * Beregnet **antropogen belastning av næringssalter** for denne vannmassen.

For alle fjordområdene er disse parametrene bestemt gjennom kartstudier, beregninger og bruk av skjønn. For drøyt halvparten av fjordområdene har vi brukt «Fjordmiljømodellen» for å beregne gjennomsnittlig oppholdstid for vannmassen over terskeldypet (Aure og Stigebrandt 1989, Stigebrandt, Aure og Mølvær 1992).

Den gjennomsnittlige konsentrasjonsøkningen som årsutslippet av nitrogen og fosfor vil gi i den definerte vannmassen er beregnet. Retensjon eller annen form for fjerning av fosfor eller nitrogen (denitrifikasjon) fra

vannfasen er ikke inkludert, slik at resultatet i den forstand er en maksimalkonsentrasjon. Tas det hensyn til retensjon og denitrifisering ville konsentrasjonsøkningene blitt mindre enn de som er oppgitt. Det er gjort flere forenklinger som hver for seg gir en viss sikkerhet og tilsammen betyr at reduksjonene blir høyere enn nødvendig. Både tilførslene og vannutskiftningen (fortynningen) vil variere mye både i tid og rom. Konsentrasjonsøkningen vil følgelig bli både vesentlig høyere og lavere enn gjennomsnittsverdien. Det er vår vurdering at alt i alt kommer usikkerheten miljøet til gode.

Metodemessig ble det valgt å arbeide på den samme måten for de marine områdene som for ferskvann. Vi har derfor fastsatt grenseverdier for konsentrasjonen av fosfor og nitrogen i sjøvann ut fra de foreliggende forslag til marine vannkvalitetskriterier. Såvel nitrogen og fosfor er nødvendig for planktonveksten. Ofte er den ene mangelvare i forhold til den andre og vil da ved tilskudd gi økt vekst mens tilskudd av den andre vil ha liten betydning. Brakkvann har et naturlig høyt N/P-innhold og i fravær av større utslipp antas fosfor oftest å være vekstbegrensende framfor nitrogen. I sjøvann er forholdene langt mer balansert, kanskje med overvekt på nitrogenbegrensning. I mange fjorder vil planktonveksten foregå både i et brakkvannspreget overflatelag og i det underliggende sjøvannslag. Vi har i arbeidet valgt å vurdere fosfor og nitrogen som like.

Grenseverdiene for overflatelaget i nærområdene (fjordene) tar utgangspunkt i et stort antall analyser av ulike kvalitetsparametre. Det er tatt utgangspunkt i bakgrunnsnivåer og kvalitets-

Tabell 3. Klasseinndeling som er brukt for å klassifisere konsentrasjons-økning av fosfor og nitrogen i fjordområder. Angitt i $\mu\text{g/l}$.

	<i>Lite påvirket</i>	<i>Moderat påvirket</i>	<i>Tydelig påvirket</i>	<i>Sterkt påvirket</i>
Nitrogen (Tot-N)	0—50	50—130	130—300	>300
Fosfor (Tot-P)	0—2	2—6	6—19	>19

klassene forøvrig gjenspeiler fordelingen av samtlige verdier. I tabell 3 er det differansen mellom klassene som er angitt og som viser betydningen av tilsvarende konsentrasjonsøkninger.

Ved beregning av belastningsreduksjon valgte vi først å beregne nødvendig reduksjon for at middelkonsentrasjonen ikke skulle være høyere enn henholdsvis $50 \mu\text{gN/l}$ og $2 \mu\text{gP/l}$, dvs. toppen av intervallet. Deretter beregnet vi hvor mye som måtte fjernes for at middelkonsentrasjonen skulle ligge midt i intervallet ($35 \mu\text{gN/l}$ og $1,5 \mu\text{gP/l}$). Men klasseinndelingen var den samme hele tiden.

7. Nødvendige tilførselsreduksjoner

Vassdrag

For hvert vassdrag er det i samråd med SFT foreslått mål for lokal vannkvalitet. I hovedsak er det anbefalt forurensningsklasse 1 og 2. Målene som er satt må ikke oppfattes som forurensningsmyndighetenes endelige mål til lokal vannkvalitet.

Fosfor er ansett som det viktigste vekstbegrensende element i ferskvann. Det er derfor ansett viktigst å redusere tilførselene av fosfor. Tabell 4 viser at de fleste vassdrag på strekningen Svenskegrensen til Telemark har behov for betydelige reduksjoner i utslippene av

fosfor. Disse vassdrag har stor andel jordbruksarealer i nedbørfeltene.

Når det gjelder strekningen fra Telemark til Lindesnes synes det å være lite behov for reduksjoner i fosfortilførselene. Disse vassdragene er i dag for en stor del i forurensningsklasse 1 og delvis 2.

Nitrogen antas å ha mindre betydning for eutrofieringssutviklingen i ferskvann, men det er viktig å ta hensyn til videretransport til det marine miljøet.

Behovet for reduksjon av tilførselene av nitrogen er størst på strekningen Svenskegrensen til grense Telemark. Disse vassdragene har store tilførsler av nitrogen. De fleste har behov for reduksjoner av nitrogen-tilførselene ut fra de krav som er satt i Vannkvalitetskriteriene. Selv om Telemark og Agderfylkene har stort nedfall av nitrogen viser våre beregninger at disse vassdragene er i forurensningsklasse 1 og 2 for nitrogen. Andelen av nitrogentilførsler fra andre kilder (eks. jordbruk) er vesentlig mindre i dette området sammenlignet med Østlandet.

Tabell 4 viser at behovet for reduksjoner av belastning av fosfor og nitrogen er i størrelsesorden 140 tonn fosfor og 3.000 tonn nitrogen når Vannkvalitetskriteriene legges til grunn. Dette utgjør henholdsvis 31% og 20% av de antropogene tilførselene til ferskvann.

Tabell 4. Reduksjon i belastningen av fosfor og nitrogen ved utløpet av hvert hovedvassdrag for å nå anbefalte krav til forurensningsklasser for alle resipientområdene i hvert vassdrag.

Resipientområde	Nåværende belastning		Behov for reduksjon av	
	Fosfor	Nitrogen	Fosfor	Nitrogen
Utløp Femsjøen	10,1	813	1,9	248
Utløp Øyeren - Sarpsfossen	435,1	13506	99	1685
Vansjø	17,5	449	6,2	204
Utløp Tyrifjorden - Hokksund	61,3	3405,6	0,8	33
Aulielva	19,1	544,4	13	388
Pikerfoss - Bommestad	46	1307,3	4,5	0
Utløp Farris	2,5	165,7	0,5	2
Utløp Norsjø	55	3302,9	1,8	406
Topp - Utløp Nedre Tokke	7	326,7	0	0
Gjerstadvassdraget	3,1	152,7	0,2	0
Vegårdsvassdraget	4,1	177,3	1	0
Utløp Nelaug - Rygene	24,4	1101	1,7	0
Topp - Tveit/Kjevik	12,9	672,5	1	0
Byglandsfjord-UtløpVenneslafjorden	28	1400	8,2	0
Mandalselva	14,8	741	0	0
Audna	5,4	217	1	0
SUM	746,3	28282,1	140,8	2966

Marine områder

For en rekke nærområder langs kysten er tilførslene for små til å gi markert effekt lokalt. Dette skyldes enten liten belastning eller at utslippet er ledet ut på dypt vann og fortynnet slik at konsentrasjonsøkningen blir liten i den vannmassen vi betrakter. Antagelsen om små effekter forutsetter at de «naturlige» tilførslene brukt i beregningene er de samme som før den menneskelige innflytelse begynte å gjøre seg gjeldende som tilførsel av vannforurensninger. For soner der konsentrasjo-

nen i kystvannet har økt, er det usikkert om denne forutsetningen holder. Ser man bort fra det utstrømmende brakkvannslaget i fjordområder med stor ferskvannstilførsel, vil vannutskiftningen i skjærgården og de fleste fjorder være så stor at vannkvaliteten ned til terskeldyp i hovedsak bestemmes av vannkvaliteten i kystvannet. En økning av næringssaltkonsentrasjonen og produksjon i kystsonen vil derfor påvirke forholdene i skjærgården og fjorder innenfor. Graden av denne påvirkningen er vanskelig å bedømme, men beregninger viser at den vil være størst

ned til Kragerøområdet. Vannkvaliteten i kystvannet bør altså tas med i betraktning under vurdering av rensebehov.

For det aller meste av kyststrekningen anbefales beste vannkvalitetsklasse som mål, dvs. klasse 1. Selv om overslag viser at man ligger godt innenfor de marginer som denne klassen gir, bør alle nærområdene skjermes best mulig mot utslipp. For noen få områder som i dag er sterkt belastet, er det muligens mest realistisk å nøye seg med nest beste vannkvalitetsklasse. Dette er avgjørelser som ansvarlig forurensningsmyndighet må ta. NIVA anbefaler at Frierfjorden og Glommas utløpsområde settes til klasse 2 mht. nitrogen, fordi disse er sterkt belastet, uten at tilsvarende effekter på eutrofisiden har gjort seg gjeldende.

Vi beregnet den teoretiske gjennomsnittlige konsentrasjonsøkningen av næringssalter for hele fjorden ut fra:

- gjennomsnittlig vannutskiftning
- gjennomsnittlig antropogen tilførsel av næringssalter
- en 10—20 m dyp vannmasse, alt etter terskeldyp og utslippsdyp.

Deretter beregnet vi hvor mye den antropogene årstilførselen av fosfor og nitrogen må reduseres med for at vannkvalitetsklasse 1 og 2 i gjennomsnitt skal oppnås. Målet ble da lagt litt under øvre grense, dvs. 1,5 µgP/l og 35 µgN/l for klasse 1. Resultatet er vist i tabell 5.

Vurderinger

Det naturvitenskapelige grunnlaget for å trekke klare konklusjoner om sammenhengen mellom lokale forurenningstilførsler, påvirkningen fra tilstøtende områder og havstrømmer og de biologiske forhold langs Skagerrak-

kysten er ennå svakt. Karakteren av bakgrunns materialet og forenklingene i vurderingene gjør at de presenterte resultater bør betraktes som en første tilnærming for det aktuelle kystområdet.

Blant forenklingene som er gjort, må fremheves at nitrogen og fosfor er behandlet uavhengig av hverandre. Det vil si at for hver av den er det antatt at det kan være et vekstbegrensende næringssalt.

En hovedkonklusjon ut fra disse vurderinger blir at om utslippsreduksjoner foretas ut fra hensynet til de utvalgte nærområder, vil samtidig Norges tilskudd til kyststrømmen bli tilfredsstillende lave.

Konklusjonen i denne vurderingen betyr ikke at det er unødvendig med ytterligere rensetiltak mange steder. Skagerrakkysten er så variert og brukerinteressenes krav til rent miljø så høye, at utslipp av tilstrekkelig renset avløpsvann bare bør skje etter nøye vurderinger. Ved fastlegging av rensetiltak må alle forurensningsformene vurderes, f.eks. tungmetaller, hygiene, partikler, etc. Kjemisk rensning av de største utslippene vil eliminere de fleste miljøvirkningene.

Foreløpige anbefalinger kan være retningsgivende:

1. Det bør ikke tillates utslipp i trange farvann, poller eller avstengte fjorder.
2. Alt avløpsvann bør samles til steder hvor utslippet kan skje på dypt vann med god vannutveksling.
3. Generelt bør mekanisk-kjemisk rensning være et standardtiltak. Det er et bredspektret rensetiltak som foruten å redusere næringssaltutslippene effektivt også bidrar til å bedre de hygieniske forhold samt å redusere utslippene av tungmetaller.

Tabell 5. Gjennomsnittlig konsentrasjonøkning pga. antropogen tilførsel av fosfor og nitrogen til hvert resipientområde (del-Pa, del-Na), samt beregnet behov for utslippsreduksjon for å nå alternative kvalitetsmål (Pa-1.5-red og Na-35-red er nødvendig reduksjon av antropogent tilført P og N for å nå vannkvalitetsklasse 1, mens Pa-4.5-red og Na-100-red er kravet til vannkvalitetsklasse 2).

NAVN	del-Pa	del-Na	Pa-1.5-red	Pa-4.5-red	Na-35-red	Na-100-red
	mg/m3	mg/m3	tonn/år	tonn/år	tonn/år	tonn/år
Iddefjorden	5.2	149	16	3	486	209
Hvalerbassenget	12.1	394	249	178	8424	6899
I. Oslofjord	2.4	87	40	0	2179	0
Drammensfjorden	7.9	198	87	46	2226	1336
Tønsbergfjorden	4.7	86	27	2	418	0
Mefjorden	0.5	4	0	0	0	0
Sandefjordsfjorden	1.0	44	0	0	35	0
Viksfjorden	3.5	20	5	0	0	0
Larviksfjorden	3.7	72	25	0	406	0
Naverfjorden	0.2	5	0	0	0	0
Langangsfjorden	0.6	12	0	0	0	0
Eidanger-/Langesfj.	0.6	11	0	0	0	0
Frierfjorden	7.6	334	59	30	2891	2262
Trosbyfjorden	0.3	7	0	0	0	0
Fossingfjorden	0.0	1	0	0	0	0
Hellefjorden	0.5	5	0	0	0	0
Kilsfjorden	0.4	6	0	0	0	0
Berøfjorden	0.1	5	0	0	0	0
Søndeledfjorden	0.4	9	0	0	0	0
Sørfjorden	0.2	10	0	0	0	0
Sandnesfjorden	0.8	14	0	0	0	0
Tvedestrandsfjorden	0.8	8	0	0	0	0
Oksøyfjorden	0.5	10	0	0	0	0
Eikelandsfj.	0.6	14	0	0	0	0
Tromøysund	1.4	14	0	0	0	0
Arendal havn	3.8	120	5	0	201	47
Hølen	3.2	107	2	0	66	7
Utnesbassenget	2.5	22	7	0	0	0
Grosfjorden	2.5	8	3	0	0	0
Vikkilen	0.2	3	0	0	0	0
Kaldvellfjorden	1.0	30	0	0	0	0
Tingsakerfjorden	2.1	8	1	0	0	0
Steindalsfjorden	0.3	3	0	0	0	0
Isefjærfjorden	3.0	61	0	0	7	0
Kvåsefjorden	1.6	27	0	0	0	0
Korsvikfjorden	0.1	7	0	0	0	0
Ålefjærfjorden	0.2	1	0	0	0	0
Topdalsfjorden	0.8	32	0	0	0	0
Vesterhavn	1.3	29	0	0	0	0
Kristiansandsfjorden	3.5	52	16	0	134	0
Hølefjorden	1.4	12	0	0	0	0
Trysfjord, indre	0.5	3	0	0	0	0
Trysfjord, ytre	0.8	5	0	0	0	0
Harkmarksfjorden	0.4	4	0	0	0	0
Mannefjorden	0.2	5	0	0	0	0
Sniksfjorden	6.8	127	2	1	42	12
Syrdalsfjorden	0.0	1	0	0	0	0
Kjerkevågen	0.2	2	0	0	0	0

8. Sammenstilling

I tabell 6 er de formulerte krav til reduksjon av tilførsler av fosfor og nitrogen til vassdrag og marine områder sammenstilt for hvert hovedresipientområde. Tabellen viser at det er kravene til de marine områdene som

bestemmer totalbehovet for reduksjoner. Bare unntaksvis er det kravene til vassdrag som blir bestemmende (Risør—Moland). Resultatene viser også at behovet for gjennomføring av tiltak er størst på strekningen Svenskegrensen til Jomfruland.

Tabell 6. Sammenstilling av krav til reduksjoner av tilførslene av fosfor og nitrogen til vassdrag og marine områder og totalt behov for reduksjoner for å nå lokale krav til vannkvalitet. Behov for reduksjoner av fosfor og nitrogen framkommer ved å bruke det største av kravene i vassdrag eller i marine områder.

RESIPIENTOMRÅDE/ VASSDRAG	KRAV VASSDRAG		SUM KRAV VASSDRAG		MARINE KRAV		BEHOV FOR RED. P OG N	
	P	N	P	N	P	N	P	N
Søndre Østfold			102	1933	143	6276	143	6276
Haldenvassdr./Iddefjorden	1,9	248						
Glomma/Hvaler-Singlefj.	99	1685						
Oslofjorden			7	237	100	3570	100	3570
Drammenselva/Drammensfj.	0,8	33						
Vansjø	6,2	204						
Søndre Vestfold			18	390	45	536	45	536
Aulielva/Tønsbergfjorden	13	388						
Numedalslågen/Larviksfj.	4,5	0						
Farris	0,5	2						
Grenlandsfjordene			1,8	406	16	1971	16	1971
SkienSVassdr./Frierfjorden	1,8	406						
Kragerøfjordene			0	0	0	0	0	0
Tokke/Kilsfjorden	0	0						
Risør - Moland			1,2	0	0	0	1,2	0
Gjerstadvassd./Sønedeledfj.	0,2	0						
Vegårdvassdr./Sandnesfj.	1	0						
Arendal - Lillesand			1,7	0	16	109	16	109
Nidelva/Hølen, Arendal	1,7	0						
Kristiansandsfjorden			9,2	0	12	19	12	19
Otra/Kristiansandsfjorden	8,2	0						
Tovdalselva/Topdalsfjorden	1	0						
Søgne - Mandal			1	0	2	35	2	35
Mandalselva/Mannefjorden	0	0						
Audna/Sniksfjorden	1	0						
SUM KRAV TIL REDUKSJON AV P OG N	141	2966	142	2966	334	12516	335,2	12516

Tabellen viser at de norske tilførslene av fosfor i 1990 bør reduseres med ca. 340 tonn mens tilførslene av nitrogen bør reduseres med ca. 12.500 tonn. Dette utgjør henholdsvis 34% og 51% av de menneskeskapte tilførslene av fosfor og nitrogen i 1990. Det er krav til de marine områdene som avgjør totalbehovet for reduksjoner innenfor alle resipientområdene.

Beregningene som er gjort har betydelig grad av usikkerhet. Usikkerheten er behandlet på en konservativ måte, dvs. at beregningene klart representerer et maksimalanslag for behovet for reduksjoner. Trekkes forhold som retensjon og denitrifisering i fjorder etc. inn, ville behovet for reduksjoner blitt mindre. På den annen side er det tatt utgangspunkt i de gjennomsnittlige hydrografiske og klimatiske forhold. Beregningsmåten kan dermed gi en viss margin for at de norske utslippene bidrar vesentlig til algeoppblomstringer under «ugunstige» hydrografiske og klimatiske forhold.

Beregninger som SFT har utført viser at i perioden 1985—1990 er utslippene av fosfor redusert med ca. 260 tonn (antropogen andel). I den samme perioden er de antropogene utslipp av nitrogen redusert med ca. 4.400 tonn. Dette skyldes i hovedsak tiltak innenfor kommunal sektor (bygging av renseanlegg), reduksjon av fosfatinnholdet i vaskemidler, tiltak i jordbruket og tiltak innenfor industrien (Hydro Porsgrunn). I perioden 1985—1990 er de antropogene utslippene av fosfor redusert med 21% og nitrogen redusert med 15%.

Ut fra de forbehold og forutsetninger som er nevnt, de tiltak som allerede er gjennomført (fram til 1990), og de foreslåtte krav til vannkvalitet i hvert resipientområde, synes Nordsjøavtalens krav om en reduksjon av menneskeskapte tilførsler av fosfor og nitrogen i størrelsesorden 50% å være bra i overensstemmelse med behovet for å nå lokale mål til vannkvalitet.

Referanser:

- Aure, J., Stigebrandt, A., 1989. Fiskeoppdrett og terskelfjorder. En konsekvensanalyse av miljøbelastning for 30 fjorder i Møre og Romsdal. Havforskningsinst., Bergen. Rapport Nr. FO 8803.
- Berge, D., Källqvist, T., 1990. Biotilgjengelighet av fosfor i jordbruksavrenning sammenlignet med andre forurensningskilder. Sluttrapport. NIVA-rapport O-87079/O-87064/E-88431.
- Baalsrud, K., Golmen, L., Molvær, J., Rygg, B., 1991. Nordsjøplanen. Marine områder. Inndeling i resipientområder, tilførsler, mål for vannkvalitet og behov for reduksjon av tilførsler. NIVA-rapport O-902301.
- Holtan, H., Åstebøl, S.O., 1990. Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder. NIVA-rapport O-89043/O-892301.
- Ibrekk, H.O., Berge, D., Holtan, H., Gulbrandsen, R., Øren, K., 1991. Nordsjøplanen. Vassdrag. Inndeling i resipientområder, tilførsler, retensjon, mål for vannkvalitet og behov for reduksjon av tilførsler. NIVA-rapport O-902302.
- Ibrekk, H.O., Baalsrud, K., Molvær, J., Thaulow, H., 1991. Nordsjøplanen. Sammendragsrapport. NIVA-rapport O-90230.
- Stigebrandt, A., Aure, J., Molvær, J., 1992. Utprøving og kalibrering av terskelfjordmodellen. NIVA-rapport O-89073.