

O-88152

**Landbrukets bidrag av  
fosfor og nitrogen  
til marine områder**  
Forprosjekt

# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor  
Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen  
Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:	0-88152
Undernummer:	
Løpenummer:	2362
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: Landbrukets bidrag av fosfor og nitrogen til marine områder. Forprosjekt.	Dato: 8/2-90.
	Prosjektnummer: 0-88152
Forfatter (e): Jarle Molvær Kristoffer Næs Hans Olav Ibrek Lars Lingsten	Faggruppe: Marin eutrofi.
	Geografisk område: Norge.
	Antall sider (inkl. bilag): 45

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT).	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: Næringssaltbidraget fra landbruket til marine områder er kvantifisert på landsbasis og for fire utvalgte fjordområder. Jevnført med andre kilder, står landbruket for ca. 20% av fosfortilførslene og ca. 30% av nitrogentilførslene til sjø landet sett under ett. Fylkesvis varierer dette fra 5-30% for fosfor og fra 6-40% for nitrogen, med laveste verdi for Finnmark og høyeste for Rogaland. De fire fjordområdene som beregningene omfatter, mottar forskjellige bidrag fra landbruket: 3-15% fosfor og 5-25% nitrogen.


4 emneord, norske:

1. Marin eutrofi
2. Landbruk
3. Fosfor
4. Nitrogen

4 emneord, engelske:

1. Marine eutrophication
2. Agriculture
3. Phosphorus
4. Nitrogen

Prosjektleder:

  
Kristoffer Næs

For administrasjonen:

  
Tor Bokn

ISBN 82-577-1646-4

**0-88152**

**LANDBRUKETS BIDRAG AV FOSFOR OG NITROGEN  
TIL  
MARINE OMRÅDER  
-  
FORPROSJEKT**

Oslo, 31. oktober 1989.

Prosjektleder: Kristoffer Næs

Medarbeidere : Hans Olav Ibrenk  
Lars Lingsten  
Jarle Molvær

**FORORD**

Dette forprosjektet "Landbrukets bidrag av fosfor og nitrogen til marine områder - forprosjekt" er utført på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn i henhold til SFT-kontrakt nr. 249/88. Kontaktperson i SFT ved prosjektetableringen og første del av arbeidet har vært Sidsel Grimstad, seinere Hanne Grete Nilsen.

For å framskaffe lands- og regionale oversikter over næringstilførsler fra forskjellige kilder, har dette prosjektet brukt data fra Miljøverndepartementets LENKA-prosjekt (Landsomfattende egnethetsvurdering av den norske kystsonen og vassdragene for akvakultur). Dette arbeidet har Hans Olav Ibrenn utført. Lars Lingsten har hatt ansvaret for generelle problemstillinger knyttet til landbruksutslipp, mens Jarle Molvær/Kristoffer Næs har hatt ansvar for marine problemstillinger inklusive stoffbudsjetter for enkeltfjorder.

Grimstad, 30/10-89.

Kristoffer Næs  
Prosjektleder

<b>INNHold</b>	<b>SIDE</b>
Forord	2
1 Konklusjoner og sammendrag	4
2 Innledning	7
3 Overgjødsling av fjord- og kystfarvann	8
3.1 Begreper – prosesser – problemstillinger	8
3.2 Virkninger av tilførsler fra landbruk sett i forhold til andre kilder	10
3.2.1 Generelt om tilførsler fra landbruk	10
3.2.2 Næringssaltene tilstandsform og biotilgjengelighet	12
3.2.3 Næringssaltene tilførselsmåte	13
4 Brukerkonflikter ved eutrofiering av fjorder og kystvann	14
5 Omfang av landbruksforurensning i marine områder	17
5.1 Beregningsgrunnlag	17
5.1.1 Datainnsamling	17
5.1.2 Kobling mellom LENKA-soner og statistikkområder	18
5.1.3 Metode for beregning av tilførsler	19
5.1.4 Resultater fra beregningene	21
5.2 Landsoversikt	22
5.2.1 Utslipp av fosfor til sjøområder	22
5.2.2 Utslipp av nitrogen til sjøområder	23
5.3 Regionaler oversikter	24
5.3.1 Oslofjorden	25
5.3.2 Telemark – Agder	26
5.3.3 Rogaland	27
5.3.4 Hordaland – Møre og Romsdal	27
5.3.5 Trøndelag	28
5.3.6 Nordland – Finnmark	29
5.4 Stoffbudsjetter for utvalgte vannforekomster	30
5.4.1 Om stoffbudsjetter og omvalg av vannforekomster	30
5.4.2 Stoffbudsjett for Utnesområdet	32
5.4.3 Stoffbudsjett for Kristiansandsfjorden	36
5.4.4 Stoffbudsjett for Drammensfjorden	39
5.4.5 Stoffbudsjett for Hafrsfjord	41
6 Forslag til videre arbeid	43
7 Referanser	44

## 1 KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG

Hovedformålet med dette forprosjektet har vært:

- \* å kvantifisere nærings saltbidraget fra landbruket til marine områder både nasjonalt og regionalt.
- \* å jamnføre landbruksforurensningen med bidrag fra andre kilder.
- \* å sette opp detaljerte nærings saltbudsjetter for utvalgte fjorder.

Det presiseres at dette er et forprosjekt. Resultatene må brukes med forsiktighet. Det ligger usikkerheter i blant annet de avrenningskoeffisienter som er brukt. Retensjon i vassdragene er ikke vurdert. I stoffbudsjettene for de utvalgte fjordområdene er vannutskiftningen anslått, ikke beregnet ut fra strømmålinger. Det knytter seg også usikkerhet til hvorledes vannmassene skal avgrenses.

### KONKLUSJONER

Med de forbehold som er tatt ovenfor er hovedkonklusjonene:

1. Jamnført med andre kilder, naturlig bakgrunnsavrenning inkludert, står landbruket for nær 20% av fosfortilførslene og nær 30% av nitrogentilførslene til sjø landet sett under ett.
2. Fylkesvis (områdevis) varierer dette fra 5 til 30% for fosfor og fra 6 til 40% for nitrogen med laveste verdi for Finnmark og høyeste for Rogaland.
3. Et stoffbudsjett på årsbasis som også inneholder bidraget av næringsalter fra vannutskiftningen, er gjort for Drammensfjorden, Utnes ved Arendal, Kristiansandsfjorden og Hafrsfjord. Landbrukets andel av nærings saltmengden i de øvre fem metrene av vannsøylen varierte fra område til område fra 3 til 15% for fosfor og fra 5 til 25% for nitrogen.

## SAMMENDRAG

Sammenstilt med andre kilder for næringssalttilførsler til sjøområder, er landbrukets andel på lands- og fylkesbasis vist nedenfor:

Fylke/område	Nitr ogen		Fos for	
	Tonn år	%	Tonn år	%
Ytre Oslofjord	13100	41	340	21
Telemark	500	6	15	6
Aust-Agder	220	7	6	5
Vest-Agder	360	8	14	8
Rogaland	4060	42	140	28
Hordaland	1280	14	60	9
Sogn og Fjordane	1260	23	60	19
Møre og Romsdal	1670	28	75	16
Sør-Trøndelag	2500	39	110	25
Nord-Trøndelag	2400	41	100	31
Nordland	1050	14	60	10
Troms	380	12	20	7
Finmark	160	6	10	5
SUM tonn	29000	28	1000	17

I et komplett stoffbudsjett (vannutskiftning medregnet) for utvalgte fjordområder, er landbrukets andel av næringssaltmengden i de øvre 5 m av vannsøylen vist nedenfor:

	Fosfor	Nitrogen
	<u>%</u>	<u>%</u>
Drammensfjorden	10	20
Utnes v/Arendal	5-6	4
Kristiansandsfjorden	3	5
Hafrsfjord	15	25

Videreføring av prosjektet kan konsentreres om tre hovedtemaer:

- Vassdragene: Korreksjon av avrenningskoeffisienter, studier av forurenset nedbørs betydning for tilførsler, retensjon og denitrifisering.
- Fjordene: Forbedring av stoffbudsjetter, spesielt andelen fra nærliggende vannmasser og kystvann.

- Sammenfattende datamodell for landbaserte tilførsler: bør utvikles for enkel og rask oppdatering og prognoser mht. forurensningstilførsler på landsbasis eller områdevis.



## 2 INNLEDNING

Siste års algeoppblomstringer har aktualisert spørsmålet om overgjødning og tiltak mot næringssalttilførsler til marine områder. Hittil har tiltak mot tilførsler i hovedsak rettet seg mot kommunal kloakk- og industriutslipp, og vært konsentrert om fjerning av fosfor.

Arbeidet med landbruksforurensninger har inntil nylig i stor grad vært konsentrert om reduksjon av fosfortilførsler til ferskvannsføremønstre. SFT ønsker nå å få et bedre grunnlag for å vurdere eventuelle tiltak mot landbruksforurensning i marine områder.

Det er derfor viktig både lokalt og regionalt å få klarlagt landbrukets bidrag av næringsalter.

Hovedmålsetningen med dette forprosjektet har vært:

- \* å kvantifisere næringssaltbidraget fra landbruket til marine områder både nasjonalt og regionalt.
- \* å jammføre landbruksforurensningen med bidrag fra andre kilder.
- \* å sette opp næringssaltbudsjetter for utvalgte fjorder, som også inkluderer bidraget med vannutskiftningen.

Det er innlysende at man innen et forprosjekt ikke kan gi fyllestgjørende svar på alle aktuelle problemstillinger. Ubesvarte spørsmål og forslag til oppfølging er derfor behandlet i kap. 6.

### 3 OVERGJØDSLING AV FJORD- OG KYSTFARVANN.

#### 3.1 Begreper – prosesser – problemstillinger

Tilgang på næringsalter er en nødvendig forutsetning for opprettholdelse av de aller fleste former for marint liv. Bli tilførselen av næringsalter til et område tilstrekkelig stor, vil økosystemet gjennomgå kvantitative eller kvalitative endringer. Vi omtaler dette som eutrofiering. De mest aktuelle næringsaltene i denne sammenheng er fosfor- og nitrogenforbindelser.

De klassiske eutrofieffektene er økt produksjon av planteplankton, som gir misfarging og tilgrumsing av overflatevannet, dominans av grønnalger eller hurtigvoksende ettårige arter i strandsonen, og utarming av bløtbunnsfaunaen pga. oksygenmangel og overbelastning med organisk materiale.

Mangel på næring vil begrense algeveksten. Det har lenge vært vanlig å anta at nitrogen er vekstbegrensende for alger i marine områder. Undersøkelser i de senere år har imidlertid vist at dette ikke nødvendigvis er tilfelle, og at det er høyst situasjonsbetinget hvorvidt algeveksten er nitrogen- eller fosforbegrenset. En "tommelfingerregel" sier imidlertid at sannsynligheten for fosforbegrensning øker ved lavere saltholdighet (økt innblanding av ferskvann med lavt fosforinnhold). På den annen side vil sannsynligheten for nitrogenbegrensning øke ved utslipp av store mengder kommunalt avløpsvann, ettersom avløpsvannet inneholder relativt mye fosfor i forhold til nitrogen.

I den sammenheng må man imidlertid være oppmerksom på at ulike arter av planteplankton kan ha ulikt optimalt N:P-forhold. Teoretisk kan derfor resultatet av en moderat reduksjon av utslipp av nitrogen eller fosfor til en gitt vannforekomst bli endringer i den vanlige artssammensetningen av plankton, og ikke redusert biomasse. Det er mulig at stort overskudd av nitrogen i forhold til fosfor var en av grunnene til oppblomstringen av Chrysochromulina polylepis i fjor vår - og at algen gav gifteffekter, og tilsvarende for oppblomstringen av Prymnesium parvum i Ryfylkefjordene i sommer.

Et gitt fjord- eller kystområde tilføres næringsalter fra en rekke kilder, som antydnet på fig. 3.1. Et komplett stoffbudsjett vil oftest måtte inneholde minst seks bidrag:

- \* kommunalt avløpsvann
- \* industri
- \* jordbruk
- \* nedbør
- \* avrenning fra utmark
- \* bidrag gjennom vannutskiftning med nærliggende vannmasser

Dess lenger man kommer ut mot kysten, desto større blir bidraget fra vannutskiftningen.

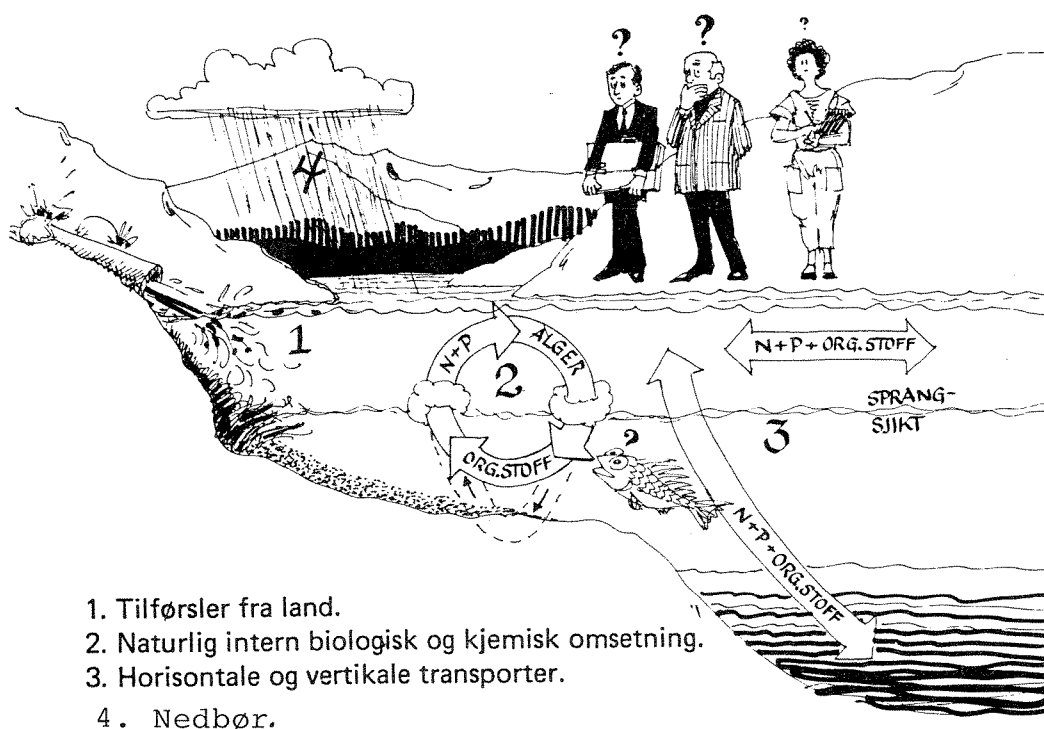


Fig. 3.1. Transport av næringsalter og organisk stoff i en marin resipient.

## 3.2 Virkninger av tilførsler fra landbruk sett i forhold til andre kilder

### 3.2.1 Generelt om tilførsler fra landbruk

Sett over noen årtier har utviklingen i norsk jordbruk vært omfattende. Landbrukspolitikken med sterk spesialisering og kanalisering har vært mye av drivkraften bak endringene som har ført til store konsentrasjoner av husdyr i utkantstrøkene og ensidig korndrift på flatbygdene. Det har foregått en kraftig rasjonalisering og effektivisering av driften ved mekanisering og økt bruk av handelsgjødsel. Endring i foringsmetoder for husdyr og spredning av blautgjødsel gir vesentlig større forurensningsfare enn tidligere. Til sammen har dette gitt en økt lekkasje av næringsstoffer og lett nedbrytbart organisk stoff, samt økt erosjon i områder med åpen åker.

De viktigste tilførslene fra landbruk er næringsalter, organisk stoff, plantevernmidler og partikler fra erosjon.

Idag brukes store mengder industrielt fremstilt plantenæring: kunstgjødsel eller handelsgjødsel, der særlig innholdet av fosfor og nitrogen er viktige stoffer i forurensningssammenheng. Økt bruk av rimelig kunstgjødsel er sammen med mekanisering viktige årsaker til landbrukets høye produktivitet idag. Det uheldige er imidlertid at ikke all tilført næring tas opp i plantene og fjernes med avlingene. Noe av overskuddet vaskes bort under snøsmelting og kraftig nedbør, eller det siver ned til grunnvannet og føres ut i nærmeste vassdrag.

I de områder der dyrehold er utbredt idag, vil også naturgjødsel spres på landbruksarealene for å øke landsbruksproduksjon. I tillegg til gjødslingseffekten vil denne gjødsla også kunne bidra til bedret jordstruktur ved passende dosering og spredningstidspunkt. Pga. ensidig drift vil en imidlertid mange steder måtte deponere gjødsla uten å utnytte hverken næringsstoffene eller den jordforbedrende virkningen.

Dessverre kan problemene oppstå allerede ved lagring av dyregjødsla pga. lekkasjer fra lageret og sprenge porter. Dette har sammenheng med at gjødsla idag i hovedregel lagres som blautgjødsel. Tidligere ble i hovedregel de faste og flytende deler av gjødsla skilt. Gjødsla fikk derved en fastere konsistens. Dagens blautgjødsel spres i væskeform og dette gir stor fare for store utslipp av næringsstoffer til vassdrag. Uhell ved lagring og spredning kan skape massive forurensningsproblemer i lokale vassdrag, men en begynner nå å få bedre kontroll med dette ettersom lagrene moderniseres. Derimot

skapes fortsatt problemer der spredearealet er for lite i forhold til gjødselmengdene, og der lagerkapasiteten er så liten at gjødsla må spres på ugunstig tidspunkt. Det sistnevnte er særlig ille dersom gjødsla spres på frossen mark eller under sterk nedbør, men også høstspredning uten nedpløying fører ofte til betydelig avrenning og forurensning. Det er nå kommet nye strenge forskrifter som regulerer spredeareal og spredningstidspunkt.

I korndistriktene der store arealer er uten plantedekke deler av året, kan utvasking av jordpartikler være et betydelig problem. Dette kan føre til grumsete vann, nedslamming og redusert brukbarhet for drikkevann. Over store deler av kornbygdene på Østlandet og i Trøndelag er erosjon et stort problem, ikke bare mht. de uheldige miljøeffektene, men også for bonden selv. Erosjonen vil først og fremst fjerne de minste partiklene, som også har høyest innhold av plantenæring. Økt spredning av handelsgjødsel må til for å kompensere tapet av næringsstoffer. Mer alvorlig er det at det over lengre tid vil kunne ødelegge jordstrukturen og tære så mye på selve matjordlaget at hele produksjonsgrunnlaget for landbruksnæringen svekkes.

Landbrukets betydning i forhold til andre kilder omtales nærmere i kap. 5.

### 3.2.2 Næringssaltenes tilstandsform og biotilgjengelighet

I avrenning fra dyrket mark kan det i hovedsak skilles mellom næringsalter som er knyttet til uorganisk erosjonsmateriale (for det meste leire), det som er knyttet til organisk materiale og næringsalter løst i vannet i jorda.

En god del av næringssaltene vil bli tilført vannforekomstene som erosjonsmateriale, særlig fosfor og særlig i områder under marine grense hvor det er mye leire- og siltjord. Kunnskapen om næringsaltene tilstandsform er mangelfull, særlig for nitrogen. Fosfor er vanligvis knyttet til partikler på forskjellige måter, og den biologiske tilgjengeligheten for organismer i det omgivende medium varierer sterkt, avhengig av bindingstypen. Nitrogen i åkermark foreligger mest som nitrat og er mer løslig i vann og derved mer mobilt enn fosfor. Grunnvannet i jordbruksområder har i høyere grad overkonsentrasjoner av nitrogen enn fosfor.

Som tidligere nevnt er biotilgjengeligheten av næringsalter avhengig av bindingstypen. Berge og Källqvist (1989) har gjort innledende undersøkelser, og resultatene er gjengitt i fig. 3.2. Biotilgjengeligheten av fosfor varierer fra 10% - 100%, avhengig av kilde, og understreker sterkt nødvendigheten av å ta dette i betraktning når betydningen av ulike kilder skal vurderes.

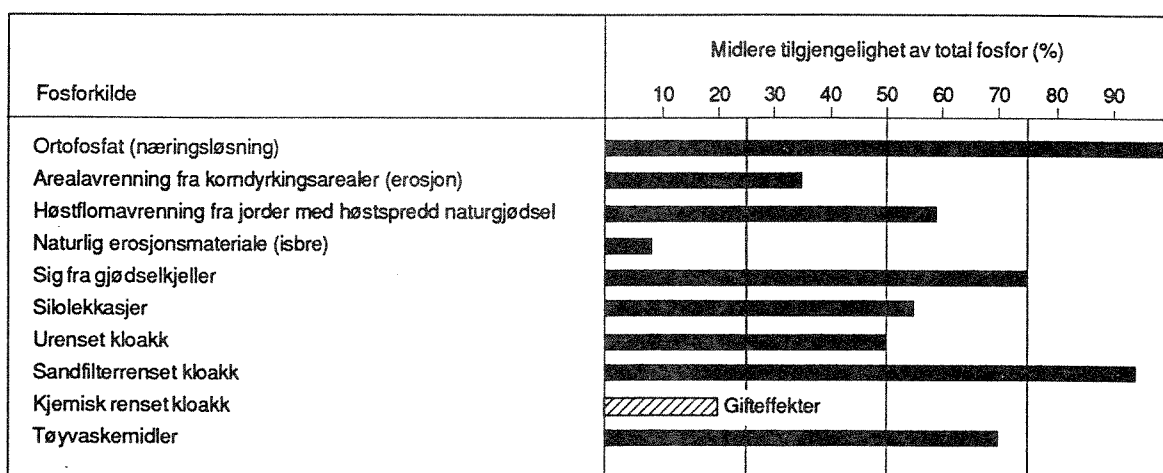


Fig. 3.2. Midlere tilgjengelighet av totalfosforet fra ulike fosforkilder. (Berge og Källqvist 1989).

### 3.2.3 Næringssaltenes tilførselsmåte

Næringssaltutslipp fra landbruk skjer ved punktutslipp og ved diffuse utslipp, dvs. arealavrenning. Arealavrenning er klart størst og utgjør muligens 85-90% av næringssalttilførslene fra jordbruket. Det er viktig å se tidspunktet for denne tilførselen i sammenheng med tidsrommet for algevekst i fjord/kystvann og havområder. Langs kysten av Sør-Norge foregår planktonproduksjonen i hovedsak i tidsrommet februar (mars) - september/oktober. I Nord-Norge begynner våroppblomstringen gjerne 3-4 uker senere, og algeveksten avsluttes i september/oktober.

Punktutslippene foregår primært i tilknytning til sesongvis jordbruksaktivitet. Lekkasje fra siloer skjer i innhøstingsperioden, dvs. sommer og tidlig høst. Lekkasjer fra gjødsellagre skjer hele året, men normalt er den størst om sommeren på grunn av lekkasjer forbundet med utkjøring og håndtering av gjødsel. Punktutslippene skjer i perioder med lav vannføring i elver og høy temperatur.

Arealavrenning utgjør ca. 90% av jordbrukets bidrag av næringssalter og består av overflateavrenning og avrenning via sigevann. Overflateavrenning vil tilføre både lettløselige og partikulært bundne næringsstoffer i tillegg til store mengder partikler. Arealavrenningen avhenger av driftsmåte, jordart, helning, nedbør, drenering, jordbearbeiding, gjødsling, osv. Avrenningsmønsteret er klimaavhengig og vil øke med økende nedbørmengde og intensitet og med økende varighet av den frostfrie sesongen. Nedbørforholdene bidrar til at transporten er ulik fra det ene året til det andre. Følgen av svingningene i tilførslene fra år til år er at responsen (effektene) i resipienten kan variere fra det ene året til det neste.

I hovedregel er arealavrenningen størst om våren i forbindelse med snøsmelting og vanlig jordbearbeiding og om høsten ved store nedbørmengder og vanlig jordbearbeiding. Åpen åker gir i hovedregel stor erosjon og avrenning av næringssalter f.eks. i forbindelse med spredning av gjødsel. Bevaring av plantedekke vil redusere arealavrenningen.

Det er uvisst hvor stor betydning avrenning fra jordbruksareal vinterstid spiller for våroppblomstringen. I områder med kalde vintre og tidlig oppblomstring (Østlandet, Nord-Norge), er sannsynligvis betydningen liten. De milde vintrene på Østlandet de siste årene kan føre til økt betydning.

#### 4 BRUKERKONFLIKTER VED EUTROFIERING AV FJORDER OG KYSTVANN

Brukerkonflikter oppstår gjerne når det skjer større og ofte dramatiske forandringer fra det normale i et området. Ut fra dette kan "brukerkonflikt" tildels være et definisjonsspørsmål. I dette kapitlet er det valgt å se på en del effekter av eutrofi ut fra en synsvinkel at dette kan representere en potensiell brukerkonflikt.

Det er både direkte og indirekte effekter av økt næringstilgang. Tilførsler av skadelige mikroorganismer er et eksempel på førstnevnte, mens oksygensvinn i dypvannet i en fjord er en indirekte effekt av eutrofiering. Selv om man i utgangspunktet kan gjøre slike avgrensinger, vil det ofte oppstå effekter som er en kombinasjon av begge. I mange av disse situasjonene har vi også for dårlig kunnskap til å gjøre distinksjonene mellom en direkte og indirekte effekt.

Den mest iøynefallende direkte effekten av overgjødsling er økt planteproduksjon. Dette gjelder både plankton- og fastsittende alger. Nedsatt siktedyp på grunn av stor planktonmengde vil kunne gi estetiske ulemper og nedsette rekreasjonsverdien av et område.

Eutrofi vil kunne forrykke den naturlige næringssaltbalansen i havet. Forskjellige planktonalger kan ha forskjellig næringssaltpreferanse. En forskyvning i sammensetningen av planktonsamfunnene vil derfor kunne være en effekt.

I våre farvann har det i de seinere årene vært masseforekomster av planktonarter vi ikke tidligere har registrert eller bare registrert i små mengder. Situasjonen langs Sørlandskysten er nå at blåskjell storparten av året ikke er spiselige. Mer dramatisk var effektene av oppblomstringen av Chrysochromulina polylepis i Skagerrak våren 1988 og av Prymnesium parvum i Ryfylkefjordene i fjor sommer. Oppblomstringene medførte bl.a. massedød av oppdrettsfisk (henholdsvis ca. 500 og 750 tonn).

Forandringer i samfunnene av fastsittende (benthos) alger erfares også ved økt næringstilgang. Særlig gjelder dette dominans av grønnalger over brunalger.

Redusert forekomst av store brunalger som resultat av at blåskjell har lagt beslag på plassen er vist for blæretang i Østersjøen og for sagtang i Oslofjorden (Knutzen 1987).

Slike forstyrrede benthosalgesamfunn vil kunne medføre grønne og



sleipe fjærelter, drivende algemasser som hindrer badeliv og forårsaker luktulemper, økt begroing av båter og tauverk. Foruten

disse estetiske og rekreasjonsmessige ulempene, kan også mere komersielle interesse bli skadelidene. Økt begroing vil kunne gi problemer for vanngjennomstrømningen i fiskemærer, økt slitsaje og klogging av fiskegarn, problemer for industrielt råvannsinntak osv..

Som nevnt tidligere, vil økt næringstilførsel i utgangspunktet føre til økt produksjon i vannmassene og dermed økt fødetilgang og større biomasse av bunnlevende dyr. Imidlertid vil den økte sedimentasjonen av organisk materiale medføre økt oksygenforbruk i dypvannet. Hvis ikke vannutskiftningen er tilstrekkelig til å opprettholde oksygenkonsentrasjonen, vil oksygensvinn og dannelse av giftig hydrogensulfid oppstå. Dette er tilfelle i flere norske terskelfjorder. Også større havområder kan berøres, for eksempel øker utbredelsen av oksygenfrie bunnområder i Kattegat, de danske Beltene og deler av Tyskebukta.

Tabell 4.1 sammenfatter en del av de viktigste brukerkonfliktene/ eutrofieffektene.

Tabell 4.1. Matrise over eutrofieffekter og brukerkonflikter.

Konflikt/ Eutrofieffekt	Rekreasjon (bading/ båtliv)	Fisk/ fiske	Akva- kultur	Natur- vern	Industri	Estetikk
Nedsatt sikte- dyp/misfarging av overflate- vann	X					X
Forandringer i planteplankton- samfunnene (giftige alger)	X	X	X	X		
Økt begroing	X	X	X		X	X
Økt forekomst av fastsittende grønnalger	X			X		
Heving av nedre grense for fastsittende alger	X			X		
Økt O <sub>2</sub> -forbruk i dypvann/O <sub>2</sub> - svikt/anoksiske sedimenter		X	X	X		

## 5 OMFANG AV LANDBRUKSFORURENSNING I MARINE OMRÅDER

### 5.1. Beregningsgrunnlag

Som en del av LENKA-prosjektet (Landsomfattende egnethetsvurdering av den norske kystsonen for akvakultur) skulle forurensningstilførslene til alle LENKA-sonene beregnes. LENKA har brukt organisk belastning som kriterium. NIVA utarbeidet for LENKA en modell som beregner forurensningstilførslene til alle LENKA-sonene. Det er denne modellen som er brukt i dette arbeidet. I det følgende følger en kort beskrivelse av modellen (Ibrekk, 1989).

#### 5.1.1 Datainnsamling

Tabell 5.1 viser de grunnlagsdata som er brukt og hvor dataene er hentet fra.

Tabell 5.1. Nødvendige data for beregning av forurensningstilførsler.

Type data	Datakilde
Antall bosatte	
- tett	SSB/NVE
- spredt	SSB/NVE Grunnkrets
- avløpsløsninger	Miljøvernadv.
Industri	SFT, Miljøvernadv. Bransjeforening
Jordbruksareal	SSB/NVE
Skog- og fjellareal	SSB/NVE
Sjøareal	LENKA

De fleste av dataene som er brukt for å beregne forurensningstilførslene til LENKA-sonene ble innhentet fra Norges vassdrag- og energiverk's Vassdragsregister. Som en del av Vassdragsregistret har Norges vassdrag- og energiverk og Statistisk Sentralbyrå utarbeidet hydrologiske statistikkområder med oversikt over arealer, landbruk og befolkning. Dataene er fra Jordbrukstellinga i 1979 og Folke- og boligstellinga i 1980. Alle disse dataene

foreligger på grunnkrets nivå i hver kommune. Hvilket vassdrag grunnkretsen drenerer til blir så brukt for å lage en oversikt over hydrologiske statistikkområder.

Aktuelle data fra Vassdragsregisteret ble lagt i et eget register på NIVA.

Det ble også lagt inn andre opplysninger i dette registeret, så som renseseffekter for rensesanlegg og større punktkilder. Hvert statistikkområde drenerer til en eller flere LENKA-soner. Dette ble også lagt inn i registeret som opplysning.

Alle Miljøvern avdelingene ble tilskrevet og bedt om å sende inn data om rensesanleggene i fylket og gi en oversikt over utførte resipientundersøkelser. Opplysninger om utførte undersøkelser ble innhentet for å skaffe kontrollmateriale for våre beregninger. Vi har i hvert fylke sammenlignet våre resultater med andre utførte beregninger.

LENKA-soneareal, dvs. sjøareal, ble innhentet fra fylkesmedarbeiderne. Disse ble lagt inn i et eget register.

Data om industriutslipp ble forsøkt innhentet fra SFT. SFT kunne imidlertid bare gi opplysninger om de bedriftstyper som er konsesjonspliktig, dvs. de største forurensere. De fleste av disse har små utslipp av næringssalter og organisk stoff. SFT hadde heller ingen samlet oversikt over utslipp. Vi fikk utskrift fra INKOSYS som er et register over industriutslipp, men dette registeret inneholder bare konsesjonskravene og ikke reelle utslippstall. Vi valgt derfor å bruke bare noen av disse dataene. Fra Norske Meierier og Norges Kjøtt- og Fleskesentral fikk vi produksjonsdata for alle meieri og slakteri. Ut fra dette beregnet vi forurensningstilførsler fra disse. Ut fra dette må en si at opplysninger om industriutslipp er mangelfull i våre beregninger. SFT opplyser at på landsbasis regner de med at industrien bidrar med høyst 10 % av næringssaltutslippene slik at de betyr forholdsvis lite. Lokalt kan de være betydelige.

#### 5.1.2 Kobling mellom LENKA-soner og statistikkområder

Med utgangspunkt i NVE-kart i målestokk 1:250 000 som viste de hydrologiske statistikkområdene, vurderte vi hvilke statistikkområder som drenerer til LENKA-sonene. For noen soner var dette enkelt i og med at grensene var sammenfallende. For andre soner måtte vi anslå hvor stor andel av statistikkområdet som drenerte til hver enkelt sone. Dette ble gjort skjønnsmessig ut fra en vurdering av bosetting og arealbruk.

### 5.1.3 Metode for beregning av tilførsler

NIVA utarbeidet et databeregningsprogram som beregnet tilførslene til hver LENKA-sone. Ut fra dataregistrene ble nødvendige data innhentet og disse ble så brukt i en beregningsrutine. Hovedtrekkene i beregningsrutinen er gjennomgått i det følgende.

Tilførslene til hver enkelt LENKA-sone ble beregnet ved hjelp av følgende sett av uttrykk:

- Bosatte (antall spredt) x K1 x R1
- Bosatte (antall tett) x K1 x R2
- Jordbruksareal (dyrka mark) (km<sup>2</sup>) x K2
- Fjell-, myr- og skogareal (km<sup>2</sup>) x K3
- Sjøareal (km<sup>2</sup>) x K4
- Industri x K5

der K1,...,K5 er koeffisienter

$$R1 = \frac{100 - \% \text{ rensing}}{100} \quad : \text{ for spredt bebyggelse}$$

$$R2 = \frac{100 - \% \text{ rensing}}{100} \quad : \text{ for renseanlegg}$$

Det ble utført to beregninger for alle ligningene. Koeffisientene (K1,...,K5) har ulike verdier avhengig om vi beregner tilførsler av fosfor (P) eller nitrogen (N). I beregningene har vi brukt de nye anbefalte avrenningskoeffisientene. Vi valgte ikke å bruke organisk stoff da det ikke foreligger koeffisienter for alle disse.

Tabell 5.2. Faktoren K1 for bidrag fra personer har følgende verdier. (Vråle, 1987).

Parameter	Verdi for K1
Fosfor	0,73 kg pers./år
Nitrogen	4,38 kg pers./år
TOC	11,13 kg TOC/år
BOF	25,55 kg BOF/år

Bidraget fra befolkning ble korrigert for rensing underveis til resipienten. Er det renseanlegg, ble renseanleggets rensegrad benyttet i beregningene. Data for dette ble framskaffet fra miljøvernavdelingene.

Når det gjelder spredt bosetting er det vanskeligere å vurdere renses-effekten. Her ble skjønn brukt. Vi valgte å bruke 10 % rensegrad for P og 5 % rensegrad for N.

Verdiene for de andre parametrene som inngår i beregningene varierer fra landsdel til landsdel hovedsakelig på grunn av ulike nedbørmengder og ulik driftsform. Det oppgis derfor ulike verdier for koeffisientene i de ulike landsdeler. Tabell 5.3 viser avrenningskoeffisientene.

Tabell 5.3. Avrenningskoeffisienter som er brukt i beregningene.  
Enhet: kg P(N)/km<sup>2</sup> år.

Fylke	Dyrka mark		Skog, fjell		Nedbør	
	P	N	P	N	P	N
Østfold	100	3800	4	150	25	1200
Akershus	160	4000	4	150	20	900
Buskerud	80	3500	4	200	20	700
Vestfold	90	3800	4	200	25	1100
Telemark	80	3100	4	220	25	1000
Vest-Agder	75	2600	4	350	20	700
Aust-Agder	70	2500	4	300	20	800
Rogaland	200	5500	4	460	20	600
Hordaland	130	2700	4	300	20	450
Sogn og Fjordane	130	2800	4	300	15	400
Møre og Romsdal	120	2700	4	200	15	350
Sør-Trøndelag	150	3500	4	150	15	250
Nord-Trøndelag	150	3500	4	150	15	250
Nordland	110	2000	4	100	10	200
Troms	80	1500	4	100	10	200
Finmark	70	1700	5	100	10	200

Forurensningsbidraget fra landbruksområder, naturområder og nedbør direkte på sjø finnes ved å multiplisere totalt areal med avrenningskoeffisient for vedkommende område.

Når det gjelder industriutslipp har vi brukt reelle data der det har vært mulig. I modellen er dette tatt inn som punktkilder og tilførsler er gitt opp i kg pr. år.

For fiskeoppdrett har vi brukt anslått fylkesvis produksjon i 1988 (Ervik, 1988). Forurensningsmengdene er anslått ut fra en førfaktor på 1,5 og et utslipp pr. tonn produsert fisk på 10,5 kg tot-P og 90,5 kg tot-N.

Alle koeffisientene som er brukt kan lett forandres og nye resultater kan fås raskt. Dette gir oss en mulighet til å foreta følsomhetsberegninger.

I modellen er det ikke tatt hensyn til retensjon. Dette medfører at tilførsler av fosfor muligens kan bli noe overestimert, mens det skulle stemme ganske bra for nitrogen. Vi valgte å ikke vurdere retensjon da de fleste kystnære vassdrag har liten innsjø-andel og dermed liten retensjon. Er det større vassdrag som drenerer til en LENKA-sone så må resultatene vurderes nøye, spesielt om innsjøandelen i nedbørfeltet er betydelig.

I modellen er det heller ikke tatt hensyn til at den biologiske virkningen av de ulike tilførslerne er forskjellige. Vi har her i dag for dårlig kunnskapsgrunnlag.

Resultatene fra modellen er sjekket med utførte målinger/beregninger i hvert fylke. Modellresultatene gav generelt sett forholdsvis god overenstemmelse med allerede utførte beregninger. Avvik på mellom 20 - 30 % anses å være akseptabelt.

#### 5.1.4 Resultater fra beregningene

Beregningsmodellen er lagt opp slik at det er mulig å få utført to ulike beregninger. Ved oppstartning av modellen blir brukeren spurt om bakgrunnsavrenning skal være inkludert i sluttresultatene, dvs. om bidrag fra nedbør, skog- og fjellarealer skal være med. Ja eller nei styrer beregningene. Dette gir brukeren en mulighet til å bare beregne menneskeskapt forurensningstilførsler. I våre beregninger er bakgrunnsavrenningen tatt med og kalt "annet" i tabellene.

Modellen gir årstilførsler i tonn for fosfor og nitrogen til hver LENKA-sone. I tillegg beregnes prosentvis fordeling mellom forurensningskildene, jordbruk, befolkning, punktkilder (industri) og annet (nedbør, skog, myr og fjell). Dette gir brukeren informasjon om hvilke kilder som bidrar mest. Totale tilførsler til hvert enkelt

fylke beregnes også. Det blir laget en egen samletabell for hvert fylke. Det er disse som er brukt ved utarbeidelse av landsoversikten.

## 5.2 Landsoversikt

Landsoversikten som er presentert nedenfor er basert på resultater fra LENKA-modellen. For Skagerrak-kysten har vi korrigert beregningene med opplysninger som er framkommet gjennom arbeidet med handlingsplanen. Dette gjelder i første rekke for Ytre Oslofjord-området.

For fylkene Østfold, Akershus, Oppland, Hedmark, Buskerud og Vestfold har vi valgt å bruke dataene fra Ytre Oslofjord-prosjektet. Forurensningstilførslene til Ytre Oslofjord ble beregnet i dette prosjektet. For de andre fylkene har vi brukt LENKA-tall.

I beregningene har vi ikke tatt med nedbør direkte på sjø. Beregningene omfatter bare landbaserte kilder og fiskeoppdrett (Ibrekk, 1989). Dette fører til at det er avvik mellom disse tallene og tall som LENKA opererer med. Det er også viktig å være klar over at vi har benyttet anslått produksjon av fisk i 1988 som grunnlag for å beregne forurensningsbidrag fra fiskeoppdrett. Det er allerede gitt konsesjoner for etablering av fiskeoppdrettsanlegg som langt overstiger dagens produksjon, dvs. det er en stor uutnyttet kapasitet.

Denne oversikten gir bare opplysninger om totale tilførsler og ingen opplysninger om hvor utslippene skjer og effekten av disse. Når virkningen skal vurderes, må dette tas hensyn til.

### 5.2.1 Utslipp av fosfor til sjøområder

Tabell 5.4 viser beregnede utslippstall fra ulike kilder. Tallene må brukes med forsiktighet. Det knytter seg betydlige usikkerheter til anslagene. Vi håper imidlertid at tallene kan brukes til å vurdere betydningen og den relative størrelsen av de ulike utslippskildene.

Denne oversikten viser at utslipp fra befolkning er den største fosforutslippskilden til sjøområder landet sett under ett. Sannsynligvis er anslaget noe høyt da vi ikke hadde oversikt over alle renseanlegg. Når det gjelder industri har det vært vanskelig å skaffe fram opplysninger. Vi antar derfor at industriens bidrag er noe underestimert. Imidlertid er det noe industribidrag som inngår i befolkning, slik at totalen industri og befolkning skulle være i noenlunde riktig størrelsesorden. Jordbruk bidrar på landsbasis med ca. 17 % av P-tilførslene. Det er også verdt å merke at fiskeoppdrett er en betydelig kilde til fosforutslipp. Utslippene er basert på 1988-



produksjonen. Øker produksjonen som forutsatt, dvs. ca. 50 % i 1989, så vil fiskeoppdrett nå samme størrelsesorden som bidraget fra landbruket i løpet av 1989- 90.

Tabell 5.4. Utslipp av fosfor til sjøområder i tonn/år.  
Landsoversikt.

Fylke/område	Befolkning	Jordbruk	Industri	Bakgrunn	Ned.inns.	Akvakul	Sum
Ytre Oslofjord	760	340	280	240	30		1650
Telemark	110	15	50	40	30	} 5	245
Aust-Agder	60	6	5	20	20		116
Vest-Agder	100	14	10	10	40		174
Rogaland	210	140	11	30	10	100	501
Hordaland	290	60	11	25	15	270	671
Sogn og Fjord.	70	60	8	25	15	130	308
Møre og Romsd	160	75	15	30	15	170	465
Sør-Trøndelag	170	110	20	50	20	75	445
Nord-Trøndelag	75	100	10	60	20	60	325
Nordland	180	60	100	110	20	150	620
Troms	100	20	35	60	15	40	270
Finmark	55	10	35	60	10	25	195
SUM tonn	2300	1000	600	750	250	1000	5900
%-fordeling	39	17	10	13	4	17	100

### 5.2.2 Utslipp av nitrogen til sjøområder

Utslippene av nitrogen er beregnet tilsvarende som fosfor. Det er de samme usikkerheter som gjør seg gjeldende her også.

Tabell 5.5. Utslipp av nitrogen til sjøområder i tonn/år.  
Landsoversikt.

Fylke/område	Befolkning	Jordbruk	Industri	Bakgrunn	Ned.inns.	Akvakul	Sum
Ytre Oslofjord	7900	13100	700	9100	1200	} 50	32000
Telemark	680	500	3700	1800	1400		8080
Aust-Agder	360	220	30	1300	1100		3060
Vest-Agder	620	360	70	2900	700		4650
Rogaland	1260	4060	50	2900	700	650	9620
Hordaland	1750	1280	1040	1800	700	2300	8870
Sogn og Fjord.	450	1260	30	1800	600	1300	5440
Møre og Romsd	1000	1670	50	1550	300	1500	6070
Sør-Trøndelag	1060	2500	100	1800	400	600	6460
Nord-Trøndelag	450	2400	40	2100	350	500	5840
Nordland	1050	1050	1280	2700	400	1200	7680
Troms	600	380	200	1400	300	300	3180
Finmark	330	160	230	1450	200	150	2520
SUM tonn	17500	29000	7500	32500	8500	8500	103500
%-fordeling	17	28	7	31	8	8	100

Når det gjelder nitrogen-utslipp, er jordbruket den dominerende kilden landet sett under ett (28%). Bakgrunnsavrenning og befolkning følger deretter. Industri og fiskeoppdrett bidrar forholdsmessig mye mindre enn de andre kildene. Industri-bidraget kommer stort sett fra Hydro Porsgrunn og Glomfjord.

### 5.3 Regionale oversikter

For å se nærmere på eventuelle regionale forskjeller har vi valgt å inndele landet i seks regioner. Disse blir presentert og vurdert hver for seg. Regioninndelingen er gjort under hensyntagen til avrenningsforhold, nedbør, temperatur, geografi, jordbruksaktivitet osv. Inndelingen er som følger:

- Oslofjorden (Vestfold, Hedmark, Oppland, Akershus, Buskerud, Østfold)
- Telemark, Aust-Agder og Vest-Agder
- Rogaland
- Hordaland, Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal
- Sør-Trøndelag og Nord-Trøndelag
- Nordland, Troms og Finnmark.

Forurensingstilførslene til marine områder i disse regionene vil bli presentert og vurdert i det følgende.

### 5.3.1 Oslofjorden

Hovedforurensningskilden til Oslofjorden er Glomma som drenerer store deler av Østlandet. Bidraget fra Oslo er også betydelig. I tabellen nedenfor er det satt opp en oversikt som viser totale tilførsler og fordeling 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 fosfor-tilførslene. Jordbruket bidrar med ca en fjerde-del.

Når det gjelder nitrogen så er jordbruket den største kilden. Befolkning bidrar med en fjerde-del av tilførslene.

Tabell 5.6. Tilførsler av fosfor og nitrogen til Oslofjorden i tonn/år.

Kilde	Fos for		Nitr ogen	
	tonn	%	tonn	%
Jordbruk	340	21	13100	41
Befolkning	760	46	7900	25
Industri	280	17	700	2
Fiskeoppdrett		0		0
Bakgrunnsavrenning	270	16	10300	32
SUM Tilførsler	1650	100	32000	100

### 5.3.2 Telemark - Agder

Tabell 5.7. Tilførsler av fosfor og nitrogen til sjøområder i Telemark - Agder i tonn/år.

Kilde	Fos for		Nitr ogen	
	tonn	%	tonn	%
Jordbruk	35	7	1080	7
Befolkning	270	50	1660	11
Industri	65	12	3800	24
Fiskeoppdrett	5	1	50	0
Bakgrunnsavrenning	160	30	9200	58
SUM Tilførsler	535	100	15790	100

På strekningen Telemark - Vest-Agder er det befolkning som er den klart største fosfor-kilden. Når det gjelder nitrogen-tilførsler så er industri den dominerende kilden. Industri-utslippet kommer fra Hydro Porsgrunn primært.

### 5.3.3 Rogaland

Tabell 5.8. Tilførsler av fosfor og nitrogen til sjøområder i Rogaland i tonn/år.

Kilde	Fos for		Nitr ogen	
	tonn	%	tonn	%
Jordbruk	140	28	4060	42
Befolkning	210	42	1260	13
Industri	11	2	50	1
Fiskeoppdrett	100	20	650	7
Bakgrunnsavrenning	40	8	3600	37
SUM Tilførsler	501	100	9620	100

I Rogaland, som er er det mest intensive jordbruksområdet i Norge, så er jordbruket den klart største nitrogenkilden (42%). Rogaland er det fylket som har det største jordbruksforurensningsbidraget. Utslipp fra befolkning er den største fosforkilden. Landbruk følger deretter.

### 5.3.4 Hordaland - Møre og Romsdal

Tabell 5.9. Tilførsler av fosfor og nitrogen til sjøområder i Hordaland, Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal i tonn/år.

Kilde	Fos for		Nitr ogen	
	tonn	%	tonn	%
Jordbruk	195	14	4210	21
Befolkning	520	36	3200	16
Industri	34	2	1120	5
Fiskeoppdrett	570	39	5100	25
Bakgrunnsavrenning	125	9	6750	33
SUM Tilførsler	1444	100	20380	100

For disse tre fylkene viser våre resultater at fiskeoppdrett er den største utslippskilden både når det gjelder fosfor og nitrogen. Jordbruket er den nest største nitrogen-kilden. Den nest største fosforkilden er utslipp fra befolkning. Omfanget av fiskeoppdrett er

klart største i disse tre fylkene og de produserer ca. 60 % av den totale produksjonen. Denne næringen er i kraftig vekst så vi antar at i løpet av 1989-90 så vil fiskeoppdrett være den klart største næringsalkilden i disse fylkene.

### 5.3.5 Trøndelag

Tabell 5.10. Tilførsler av fosfor og nitrogen til sjøområder i Sør-Trøndelag og Nord-Trøndelag i tonn/år.

Kilde	Fos for		Nitr ogen	
	tonn	%	tonn	%
Jordbruk	210	27	4900	40
Befolkning	245	32	1510	12
Industri	30	4	140	1
Fiskeoppdrett	135	18	1100	9
Bakgrunnsavrenning	150	19	4650	38
SUM Tilførsler	770	100	12300	100

I Trøndelagsfylkene er utslipp fra befolkning den største fosforkilden (32%). Landbruk er den største nitrogenkilden (40%).

### 5.3.6 Nordland - Finnmark

Tabell 5.11. Tilførsler av fosfor og nitrogen til sjøområder i Nordland, Troms og Finnmark i tonn/år.

Kilde	Fos for		Nitr ogen	
	tonn	%	tonn	%
Jordbruk	90	8	1590	12
Befolkning	335	31	1980	15
Industri	170	16	1710	13
Fiskeoppdrett	215	20	1650	12
Bakgrunnsavrenning	275	25	6450	48
SUM Tilførsler	1085	100	13380	100

Utslipp fra befolkning, bakgrunnsavrenning og fiskeoppdrett er de største utslippskildene av fosfor. Bakgrunnsavrenning er den største nitrogenkilden. De menneskeskapte utlippene av nitrogen fra ulike store er tilnærmet jevnstore.

## 5.4 Stoffbudsjetter for utvalgte vannforekomster

### 5.4.1 Om stoffbudsjetter og om utvalg av vannforekomster

Kapitlene 5.2.-5.3. har trukket opp de store linjene mht. tilførsler av fosfor og nitrogen fra land til sjøområder. Vannmassene i et fjord- eller kystområde kan også motta næringsalter gjennom vannutvekslingen med omkringliggende vannmasser (jfr. fig. 3.1). Et komplett stoffbudsjett for en vannforekomst må derfor også inneholde bidragene fra den advektive vannutvekslingen (oftest horisontal) og de turbulente blandingsprosessene (horisontal og vertikal).

Så langt som mulig må stoffbudsjettene bygge på reelle målinger av stofftransport. Spesielt gjelder dette for kilder der man vet - eller må anta - at tidsvariasjonene er store. Skal man lage et stoffbudsjett for å vurdere enkelte kilders næringsaltbidrag til en vannforekomst i sommerhalvåret, må man derfor vurdere om de "tradisjonelle" årsmidlene er brukbare. Dette til bl.a. gjelde bidrag fra landbruk og fra fiskeoppdrettsanlegg.

For bidraget gjennom vannutskiftningen med nærliggende vannmasser er det klart at budsjetter for sommerhalvåret normalt vil være lavere enn årsgjennomsnittet. Grunnen er lavere konsentrasjoner av næringsalter, og ofte også mindre vannutskiftning. Innenfor dette forprosjektet er gjennomsnittstall for året beregnet for alle kilder.

Et annet sentralt spørsmål ligger i avgrensningen av den vannmassen som budsjettet skal gjelde for. Vannmassen defineres som produktet av areal og dyp, og her vil man oftest ha flere valgmuligheter. Desto større vannmasse som velges, desto større er sannsynligheten for at budsjettet vil vise at området er lavt belastet og bidraget fra vannutskiftningen dominerer. Det omvendte resultat fås ved å velge en liten vannmasse.

I mange tilfeller har vannforekomsten, og dermed arealet, en terskel eller en annen naturlig avgrensning. For mer åpne kystområder kan imidlertid avgrensningen være meget vanskelig.

Når det gjelder den vertikale avgrensningen av vannmassen som budsjettet skal gjelde for er to hovedvarianter: ned mot nedre grense for fotosyntesen, eller bare brakkvannslaget hvor et slikt finnes.

Ved tilførselsberegningene må man ta hensyn til avgrensningene av vannmassen. F. eks. må man vurdere i hvilken grad næringsalter fra dyputslipp skal tas med.



Ofte knytter det seg stor usikkerhet til beregningene av vannmassens oppholdstid. Bare unntaksvis er denne bestemt gjennom målinger, og resultatet er at man i stor grad må bruke kvalifisert skjønn.

I det etterfølgende har vi valgt å framstille stoffbudsjetter for fire vannforekomster:

---

Utnesområdet:           åpent kystområde med relativt stor ferskvannstilførsel.

Kristiansandsfj.:       åpent fjordsystem, med stor ferskvannstilførsel.

Drammensfjorden:       terskelfjord med stor ferskvannstilførsel og utpreget brakkvannslag.

Hafrsfjord:             lukket fjordsystem med liten ferskvannstilførsel.

---

Budsjettene bygger i hovedsak på tilførselsberegninger hentet fra andre undersøkelser av bidraget fra land. Bidraget fra vannutskiftningen er for de fleste områder forsøkt beregnet i denne rapporten. Usikkerheten er stor, i første rekke av mangel på sikre opplysninger om vannutskiftningen.

Vi har ikke forsøkt å skjelne mellom bidragene fra de forskjellige vannutskiftningsmekanismene, men har anslått en oppholdstid og forutsatt at vannutskiftningen i hovedsak skjer horisontalt med vannmassene utenfor fjordområdet.

#### 5.4.2 Stoffbudsjetten for Utnesområdet

Området som budsjettet omfatter framgår av fig. 5.1., og utgjør totalt ca. 1.2 km<sup>2</sup>. Nitrogenbidraget fra Nidelva er hentet fra Hindar et al. (1989), i noe avrundet form. Fosforbidraget er beregnet innen dette prosjektet.

Stofftransporten i Nidelva er beregnet ved to metoder:

1. Basert på tilførsler fra kjente kilder.
2. Basert på volumveid middelkonsentrasjon i elva i tidsrommet 1985-86 og middelvannføring over året.

Metodikken er redegjort for av Hindar et al (1989). Som fosforkonsentrasjon er brukt 4.2 mgP/m<sub>3</sub>. Differansen i stoffbudsjettet fremkommer som forskjell mellom teoretisk og målt transport, og summen tilsvarende altså transporten beregnet etter metode 2.

I utgangspunktet var det en forskjell på 26.5 tonn P/år mellom målt og beregnet årstransport. En sannsynlig forklaring på mye av denne differansen er retensjon i innsjøene i vassdraget. Vi har ikke vurdert om retensjonen av fosforbidraget fra en kilde er større enn for en annen, men har regnet med en retensjon på 50% for alle bidragene. Da gjenstår en differanse på 3.4 tonn P/år mellom teoretisk og målt transport, og denne differansen er beholdt.

For nitrogen antyder Hindar et al. (1989) at differansen (ca. 180 tonn N/år) kan skyldes nitrogenavrenning pga. forurenset nedbør.

De direkte utslippene til fjordområdet domineres av et dyputslipp av kommunalt avløpsvann utenfor selve Utnes (ved st. 5). Belastningen var ca. 20.000 pe i det tidsrommet som vi har hydrokjemiske data fra. Avløpsvannet renses mekanisk gjennom sil. Utslippsdyp er ca. 35 m, og avløpsvannet innlagres for det meste under overflaten. Vi regner med at ca. 50% innblandes i overflatelaget.

Til beregning av bidraget fra omkringliggende vannmasser er brukt data fra overvåkingen av sjøområdet omkring Utnes i tidsrommet 1983-85 (Næs, 1985). Som referanse er brukt data fra st. 8 (fig. 5.1) som antas å representere kystvann. Årsmidler er:

Totalfosfor : 10 mikrogram/l  
Totalnitrogen: 245 "

For vårt bruk er det en svakhet at det bare finnes hydrokjemidata fra 0-2 m dyp. Dette gir altså ikke mulighet til beregning av bidrag fra oppveiling, eller annen innblanding fra underliggende vannmasser.

Stoffbudsjetter for Nidelva og for 0-5 m dyp i Utnesområdet utenfor Arendal er vist i fig. 5.2-5.4. Budsjettene viser årsmidler. Som tidligere nevnt er oppholdstiden i fjordområdet en vanskelig parameter å bestemme. Ved lang oppholdstid (liten vannutskiftning) blir bidraget fra nærliggende vannmasser mindre enn med kortere oppholdstid. I denne sammenheng er det anslått en midlere oppholdstid på 2 døgn.

Beregningene tyder på at omkring 55% av fosfortilførselen kommer via Nidelva. Totalt sett dominerer bidragene avrenning fra skog, myr og fjell samt utslipp av kommunal kloakk. Landbrukets andel er 5-6%.

Videre tyder beregningene på at ca. 80% av nitrogentilførselen kommer via Nidelva. De dominerende bidragene er avrenning fra skog, myr og fjell samt sur nedbør. Landbrukets andel er omkring 4%.

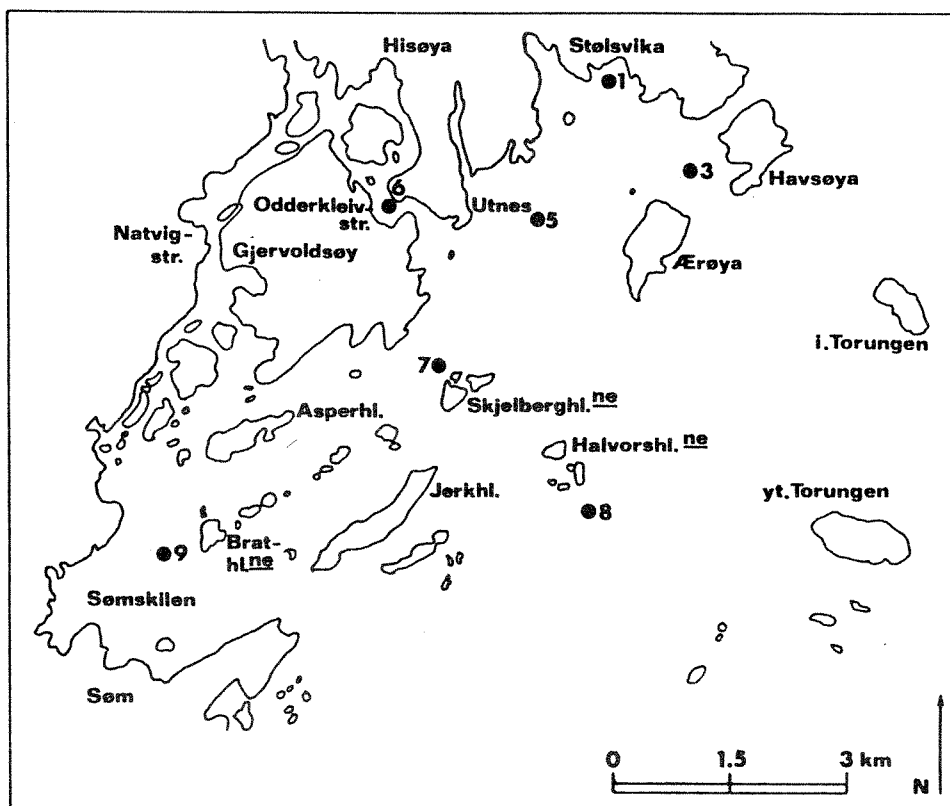


Fig.5.1. Oversiktskart for Utnesområdet.

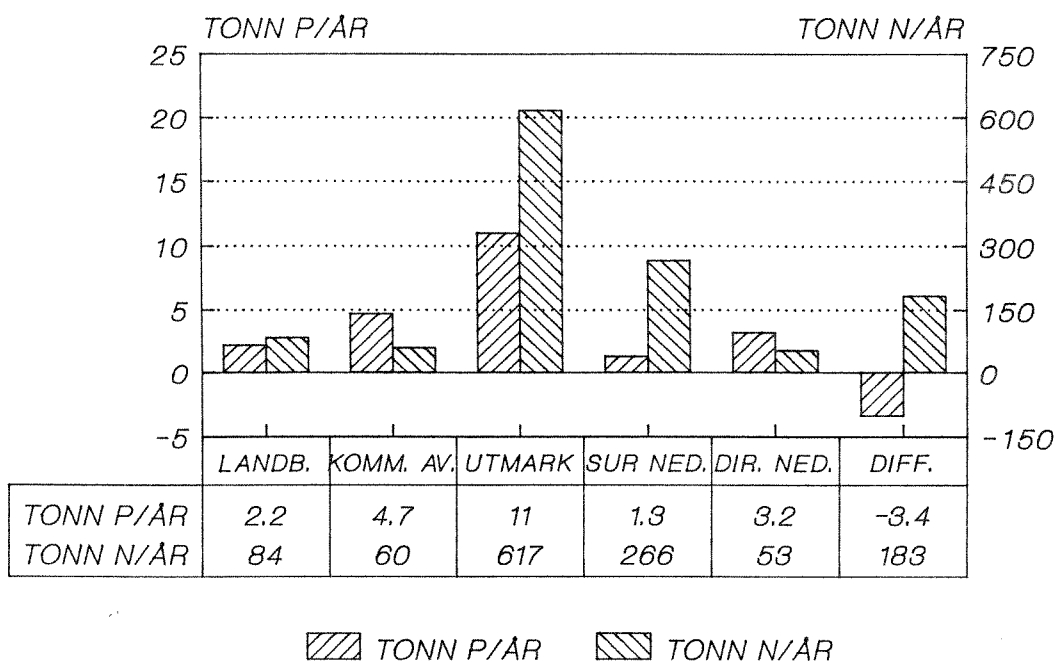


Fig. 5.2. Stoffbudsjett for totalnitrogen og totalfosfor i Nidelva.

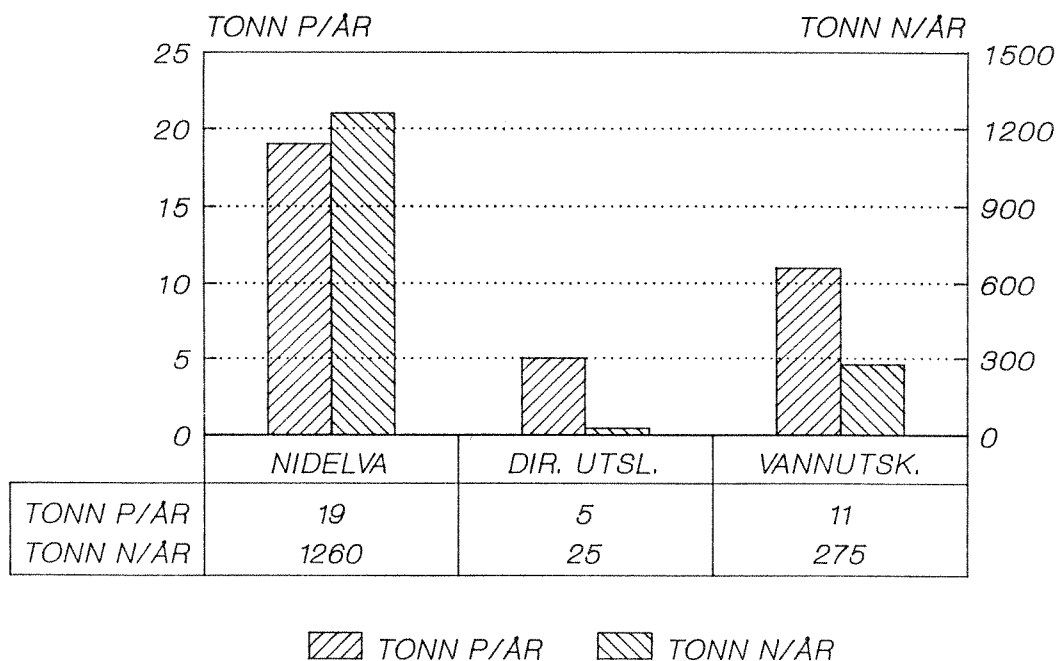


Fig. 5.3. Stoffbudsjett for totalnitrogen og totalfosfor i Utnesområdets overflatelag (0-5 m). Årsmidler.

### 5.4.3 Stoffbudsjett for Kristiansandsfjorden

Området som budsjettet omfatter framgår av fig. 5.4. Stoffbudsjetter for Otra og for 0-5 m dyp i Kristiansandsfjorden er vist i fig. 5.5-5.6. Nitrogenbidraget fra Otra er hentet fra Hindar et al. (1989), i noe avrundet form. Fosforbidraget er beregnet innen dette prosjektet. For begge stoffgrupper er metodikken den samme som ble anvendt på Nidelva.

Størrelsen av de direkte utslippene til fjordområdet og grunnlag for vurdering av oppholdstid og bidraget gjennom vannutskiftningen er hentet fra Molvær et al. (1986).

Budsjettene viser årstransporter. Som tidligere nevnt er oppholdstiden i fjordområdet en vanskelig parameter å bestemme. Ved lang oppholdstid (liten vannutskiftning) blir bidraget fra nærliggende vannmasser mindre enn med kortere oppholdstid. I denne sammenheng er det anslått en midlere oppholdstid på 3 døgn.

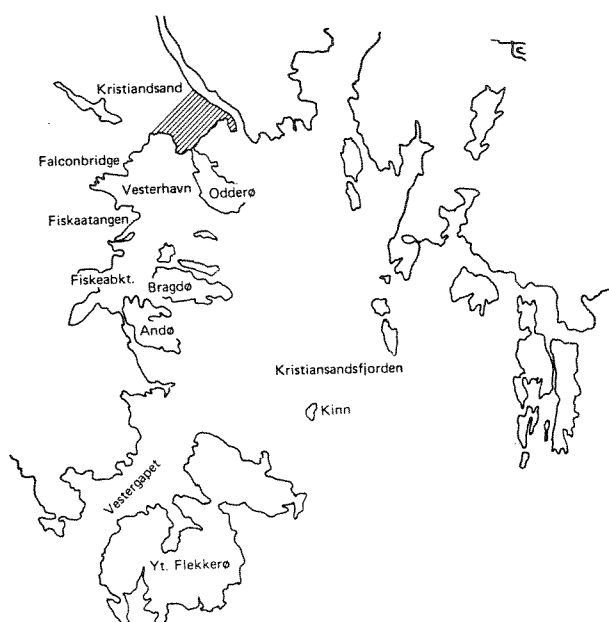


Fig. 5.4. Oversikt over Kristiansandsfjorden.

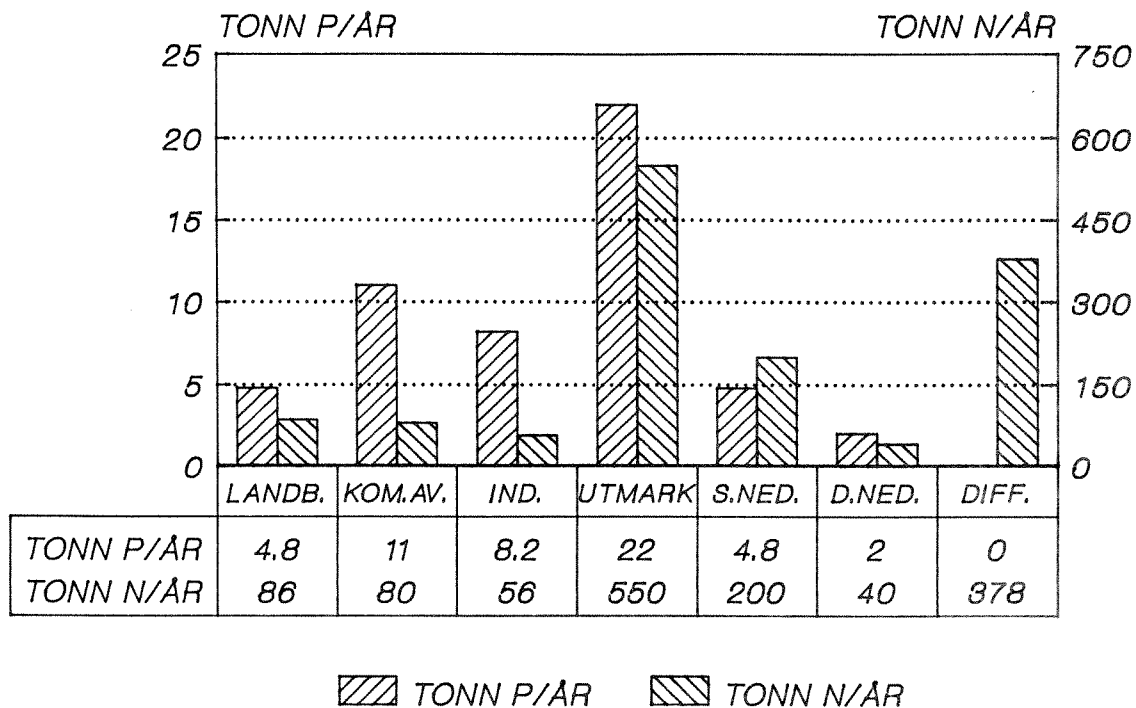


Fig. 5.5. Stoffbudsjett for totalnitrogen og totalfosfor i Otra.

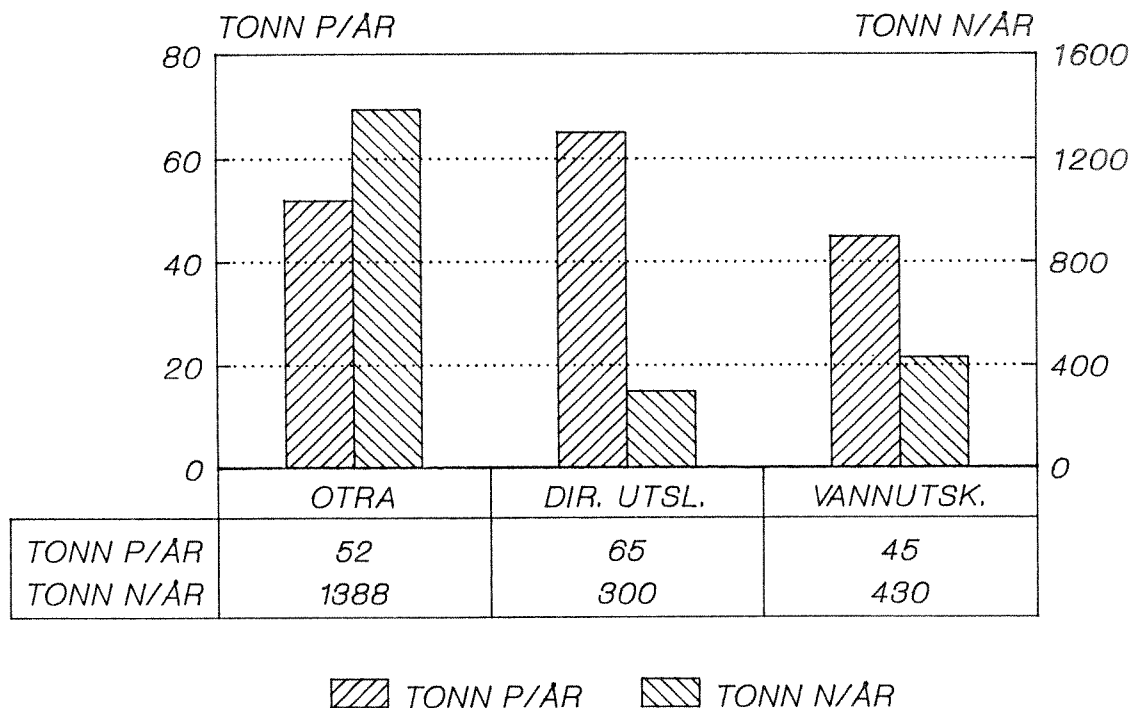


Fig. 5.6. Stoffbudsjett for totalnitrogen og totalfosfor i 0-5 m dyp i Kristiansandsfjorden.

Budsjettene tyder på at på årsbasis bidrar Otra med ca. 30% av fosfortilførslene til fjorden. Totalt sett kommer de dominerende

bidragene fra direkte utslipp av kommunal kloakk/industriavløp og gjennom vannutskiftningen.

Landbrukets andel av fosfortilførslene til fjorden på årsbasis er omkring 3%.

For nitrogen er bildet noe endret. Bidraget fra Otra utgjør omlag 65% av tilførselen på årsbasis, men landbrukets andel er mindre enn 5%.



#### 5.4.4 Stoffbudsjett for Drammensfjorden

Et oversiktskart over Drammensfjorden er vist i fig. 5.7. Overflatearealet er ca. 45 km<sup>2</sup>, største bunndyp er 117 m og terskeldypet er 10 m ved Svelvik. Ferskvannstilførselen er i middel ca. 300 m<sup>3</sup>/s, og brakkvannslaget når oftest ned til 8-10 m dyp.

Tilstanden i fjordsystemet ble undersøkt innen Statlig program for forurensningsovervåking i tidsrommet 1982-1984 (Magnusson og Næs, 1986, Hvoslef et al., 1987). Det etterfølgende stoffbudsjett baserer seg i alt vesentlig på data hentet fra den undersøkelsen (fig. 5.8).

Vi har ikke hatt tilgjengelige data som gjorde det mulig på årsbasis å beregne stofftransporten inn over terskelen ved Svelvik. Men en måleserie over tidsrommet 7.6-19.8.82 tydet på at fosfortransporten inn ved Svelvik da var ca. 30% av bidraget fra Drammenselva. For nitrogen var resultatene mer sprikende og lå i intervallet 25-55% av bidraget fra Drammenselva. Det er sannsynlig at dette er litt under årsmidlet pga. lavere konsentrasjoner av næringsalter i det innstrømmende vannet. I budsjettet har vi regnet med et fosforbidrag på 30% av Drammenselvas og 35% av nitrogenet. Vi understreker at dette er anslag med så stor usikkerhet at de mer bør oppfattes som en illustrasjon enn som en realitet. Resultatet er vist i fig. 5.8.

Beregningene antyder at landbrukets andel av fosfortilførselen fra land er 10-12%. For nitrogen er bidraget ca. 25%.

Dominerende fosforbidrag til fjorden som helhet kommer da fra befolkning, arealavrenning og via vannutskiftning. Landbrukets andel er omkring 10%. For nitrogen tyder beregningene på at arealavrenning og vannutskiftning dominerer på årsbasis. Landbrukets andel er omkring 20%.

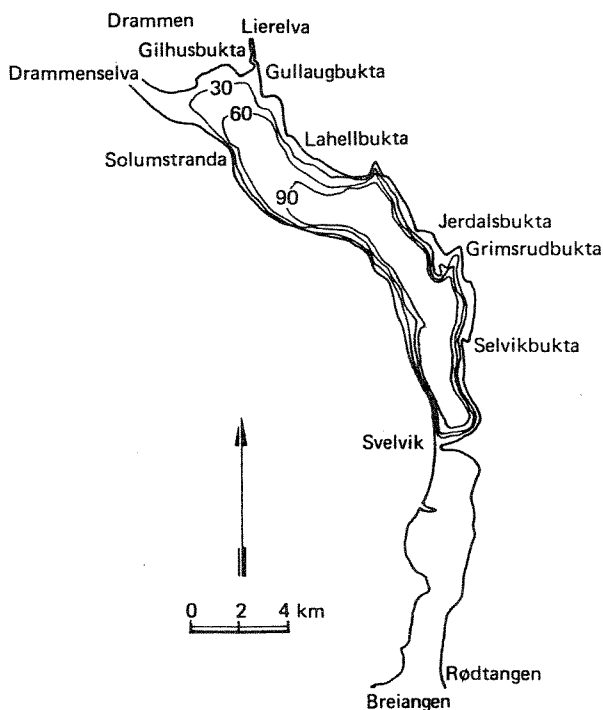


Fig. 5.7. Oversiktskart for Drammensfjorden.

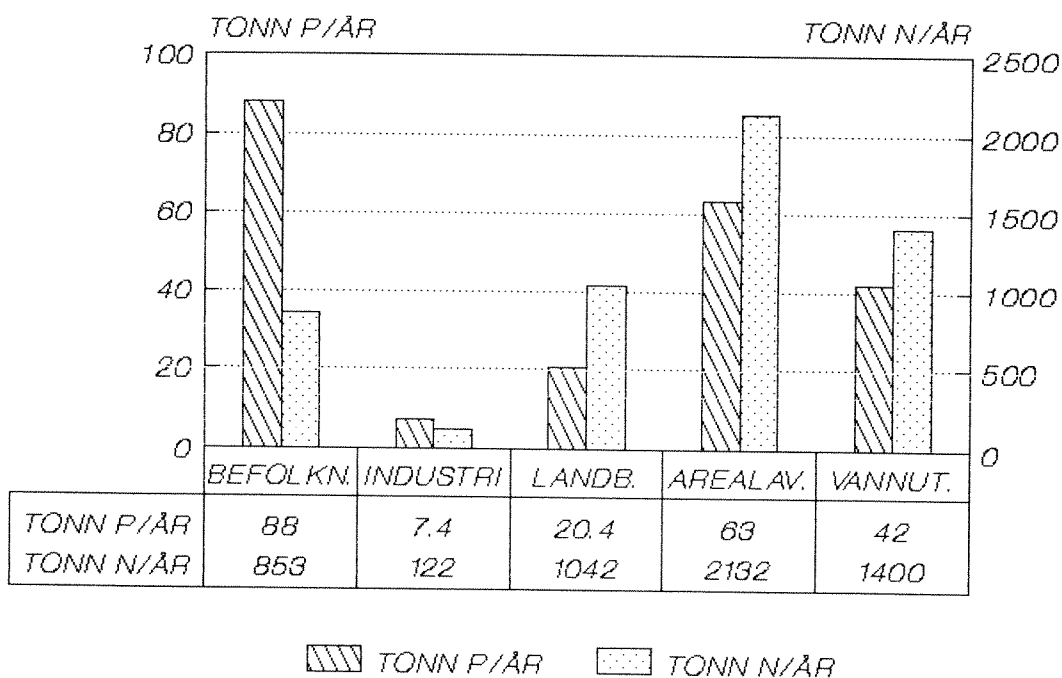


Fig. 5.8. Stoffbudsjett for totalnitrogen og totalfosfor i Drammensfjordens overflatelag. Årsmidler.

#### 5.4.5 Stoffbudsjett for Hafrsfjord

Fig. 5.9 gir en oversikt over Hafrsfjord. Fjorden er en innelukket terskelfjord, med største dyp omkring 80 m og terskel på 3 m. Fjordens overflateareal er ca. 12.5 km<sup>2</sup>. Midlere ferskvannstilførsel er 1.5-2 m<sup>3</sup>/s.

Opplysninger om konsentrasjoner av fosfor og nitrogen er hentet fra undersøkelser av tilstanden i fjorden (Staveland og Gjerstad, 1983, og Stokland, 1985).

Saltholdigheten i fjordoverflaten er høy, oftest over 28 o/oo, og fjorden har ikke noe utpreget brakkvannslag. For vårt formål vil vi forsøke å sette opp ett stoffbudsjett for vannmassen i 0-4 m dyp, dvs. ca. 1 m under terskeldypet.

Det er ikke utført målinger som gir grunnlag for å beregne oppholdstiden for denne vannmassen. For vårt formål anslår vi den til 14 dager, og understreker at usikkerheten er meget stor.

Tilførselsdataene som budsjettet bygger på er hentet fra Lenka-prosjektet, der Hafrsfjord er Lenka-sone 1205 (Lenka-materiale, upublisert). Resultatet av budsjettberegningene er vist i fig. 5.10.

Med de forutsetninger som ligger til grunn for budsjettet, viser det at mht. fosfor bidrar landbruket med ca. 15% på årsbasis. Av tilførslen fra land står landbruk fra ca. 30% av fosforet.

Tilsvarende tall for nitrogen er henholdsvis ca. 25% og ca. 55%.

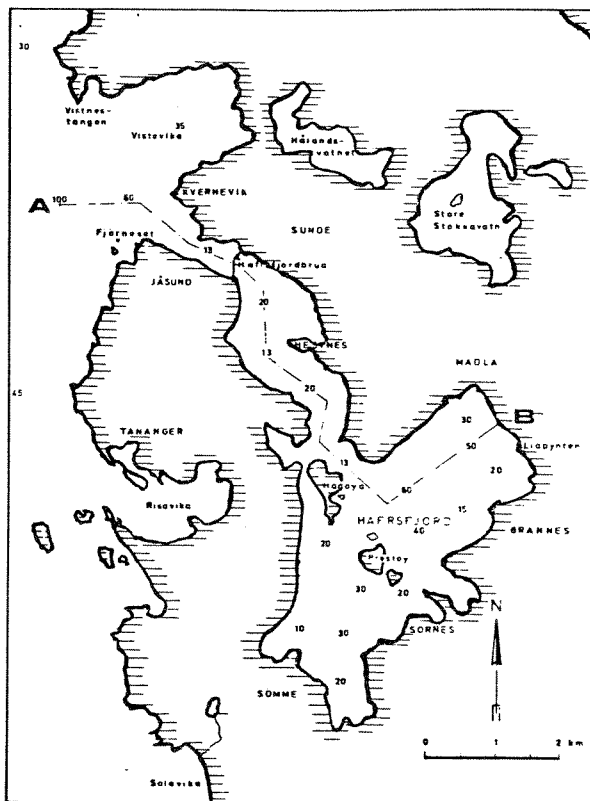


Fig. 5.9. Oversiktskart for Hafrsfjorden.

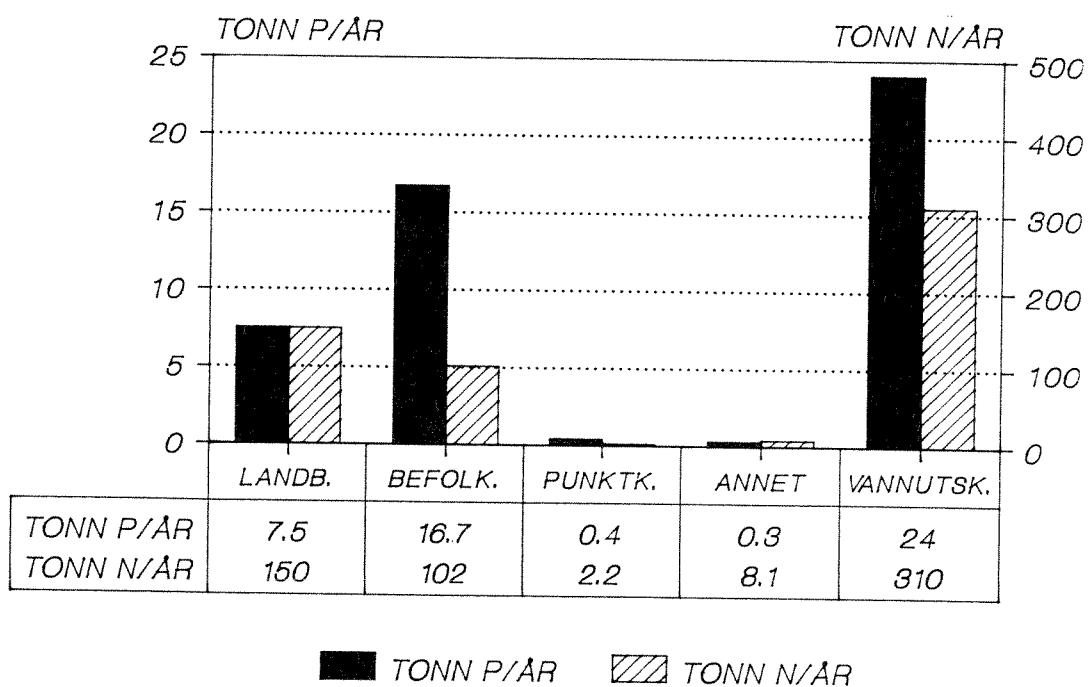


Fig. 5.10. Stoffbudsjett for totalnitrogen og totalfosfor i Hafrsfjordens overflatelag. Overflatelagets oppholdstid anslått til 14 dager.

## 6 FORSLAG TIL VIDERE ARBEID

De viktigste forsknings- og utredningsbehov som utpeker seg på grunnlag av dette forprosjektet er sammenfattet nedenfor.

I vassdragene: nærmere undersøkelser av differansen mellom teoretisk og målt stofftransport. Dette er aktualisert både pga. beregningene for Otra og Nidelva innen dette prosjektet, men også av nylige målinger i Driva på Nordmøre. For Driva var den teoretiske nitrogentilførslen ca. 150% større enn den målte.

Mht. transport til vassdragene kan nevnes:

- \* Korreksjon av avrenningskoeffisienter. Dette er en selvsagt oppgave
- \* Nærmere studier av sur nedbørs innvirkning på stofftransporten til vassdragene.

Mht. transport gjennom vassdragene kan nevnes:

- \* Kvantifisering av retensjon i vassdragene. Gjelder i særlig grad fosfor.
- \* Nærmere kvantifisering av denitrifikasjon i forskjellige typer vassdrag.

I fjordene:

- \* oppstille bedre stoffbudsjetter som kvantifiserer andelen av nitrogen og fosfor fra landbruket i forhold til andre kilder.
- \* Vurdere nærmere tidsvariasjonen i landbruksforurensning i forhold til algevekst i fjord- og kystvann.

Det er behov for en landsomfattende, databasert modell for beregning av forurensningstilførsler til marine områder. Modellen som ble utviklet under Lenka-prosjektet, og som dette prosjektet har benyttet, kan være basis for et slikt arbeid. Dette bør vurderes videre.

## 7 REFERANSER

- Berge, D., og Källqvist, T., 1988. Algetilgjengelighet av fosfor i jordbruksavrenning sammenliknet med andre forurensningskilder. Vekstforsøk med ferskvannsalgen Selenastrum capricornutum. Fremdriftsrapport. NIVA-rapport O-87079/O-87064/E-88431.
- Ervik, A., 1988. Organisk belastning fra fiskeoppdrett. Relativ betydning. Notat. Havforskningsinstituttet.
- Ibrekk, H.O., 1989: Beregning av forurensningstilførsler til LENKAsonene. Beskrivelse av metode. NIVA-notat O-88145.
- Ibrekk, H.O. og Holtan, G., 1988. Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord. Delprosjekt 3.1. Forurensningstilførsler. SFT Overvåkingsrapport 325/88. NIVA O-8801102.
- Hindar, A., Næs, K. og Molvær, J., 1989: Betydning av sur nedbør for økte nitrogentilførsler til fjordområder. Forprosjekt. NIVA-rapport nr. 2257. Grimstad/Oslo.
- Hvoslef, S., Kirkerud, L., Knutzen, J., Kvalvågnæs, K., Magnusson, J., Mjelde, M., Næs, K., Pedersen, A., Rygg, B. og Wiik, Ø., 1987: Basisundersøkelser i Drammensfjorden 1982-84. Konklusjonsrapport. NIVA-rapport nr.2045. Oslo.
- Knutzen, J. 1987. Effekter av overgjødsling på marine benthosalger. Side 37-47: Eutrofiering av havs- og kustområden. 22 nordiska symposiet om vattenforskning, Laugarvatn 1986-08--29. Nordforsk, miljøvårdsserien, publikation 1987:1.
- Lenka-materiale (upublisert): Tilførselsberegninger for Lenkasone 1205, Hafrsfjord.
- Magnusson, J. og Næs, K., 1986: Basisundersøkelser i Drammensfjorden 1982-84. Delrapport 6: Hydrografi, vannkvalitet og vannutskifting. NIVA-rapport nr. 1982. Oslo.
- Molvær, J., Solheim, H.I. og Källqvist, T., 1986: Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport V: Vannutskifting og vannkvalitet. NIVA-rapport nr. 1993. Oslo.
- Næs, K., 1985: Overvåking av sjøområdet utenfor Utnes, Hisøy. Overflatens vannkvalitet i perioden juni 1983 - juni 1985. Delrapport IV. NIVA O-81112/1815. Grimstad/Oslo.

Pihl, L., 1987. Eutrofiering - effekter på bottenfauna och fisk. Side 49-60: Eutrofiering av havs- och kustområden. 22 nordiska symposiet om vattenforskning, Laugarvatn 1986-08--29. Nordforsk, miljøvårdsserien, publikation 1987:1.

Staveland, K. og Gjerstad, K.O., 1983: Vannovervåking av Hafrsfjord 1977-82. Sluttrapport. Byveterinæren i Stavanger. Stavanger

Stokland, Ø., 1985: Resipientundersøkelse i Hafrsfjord og Vistevika 1984-1985. Rapport AVF 4/85, Del I. Rogalandsforskning. Stavanger.

Vråle, L., 1987. Forurensningsmodell for avløpsvann fr boliger. Bestemmelse av spesifikke tall. NIVA 0-86121.