

O-88040

Vurdering av beslutningsgrunnlaget
for valg av rensegrad og utslipps-
arrangement for kommunal kloakk i

Odda

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor

Postboks 33, Blindern
0313 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80
Telefax (02) 39 41 29

Sørlandsavdelingen

Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033
Telefax (041) 42 709

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen

Breiviken 5
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 95 17 00
Telefax (05) 25 78 90

Prosjektnr.:

88040

Undernummer:

Løpenummer:

2137

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:

Vurdering av beslutningsgrunnlaget for valg av rensegrad og utslippsarrangement for kommunal kloakk i Odda.

Dato:

2. august 1988

Prosjektnummer:

88040

Forfatter (e):

Jens Skei

Faggruppe:

Marin økologisk

Geografisk område:

Hordaland

Antall sider (inkl. bilag):

24

Oppdragsgiver:

Odda Kommune

Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):

Ekstrakt:

Rapporten gir en oversikt over ulike kilder for tilførsler av næringssalter og organisk materiale til indre Sørfjord (Odda-Tyssedal). Oversikten viser at industrien står for < 1 % av tilførsler av fosfor og ~ 76 % av nitrogen, mens den kommunale kloakken står hovedsakelig for utslipp av lett nedbrytbart organisk materiale til fjorden.

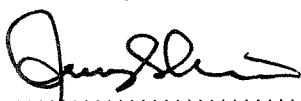
4 emneord, norske:

1. Odda
2. Kloakk
3. Rensegrad
4. Utslippsarrangement


4 emneord, engelske:

1. Odda
2. Sewage
3. Treatment
4. Discharge

Prosjektleder:


.....
Jens Skei

For administrasjonen:


.....
Tor Bokn
avdelingsjef

ISBN - 82-577-1418-6

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

0-88040

**Vurdering av beslutningsgrunnlaget for valg av
rensegrad og utslippsarrangement for
kommunal kloakk i ODDA.**

Oslo, 2. august 1988

Prosjektleder: Jens Skei

FORORD

I et møte med teknisk etat i Odda kommune, 06.01.88 ble NIVA bedt om å utarbeide et forslag til en oversiktsrapport som kunne brukes som en del av beslutningsgrunnlaget til valg av rensegrad og utslippsarrangement for kommunal kloakk i Odda. I brev av 13.01.88 fra NIVA ble rammen om en slik rapport skissert. Tilbudet ble akseptert i brev fra Odda kommune av 08.02.88.

Under utarbeidelse av rapporten er opplysninger innhentet hos VIAK A/S og industribedriftene i Odda-området foruten god kontakt med teknisk sjef Olav Bjørke i Odda kommune.

NIVA, 2. august 1988

Jens Skei
Prosjektleder

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	3
2. BAKGRUNN OG MÅLSETTING	4
3. UNDERLAGSMATERIALE	5
4. KOMMUNALE UTSLIPP	5
4.1 Fosfor	7
4.2 Nitrogen	7
4.3 Organisk materiale	10
5. INDUSTRIUTSLIPP	10
5.1 Fosfor	11
5.2 Nitrogen	11
5.3 Organisk materiale	12
6. ULIKE KILDERS RELATIVE BETYDNING	12
7. SØRFJORDEN SOM RESIPIENT FOR NÆRINGSSALTER OG ORGANISK MATERIALE	13
8. ER BESLUTNINGSGRUNNLAGET FOR VALG AV RENSEGRAD, UTSLIPPSSTED OG DYP GODT NOK ?	18
9. LITTERATURHENVISNINGER	23

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

1. NIVA har sammenstilt tilgjengelig data for tilførsler av næringsalter og oksygenforbrukende stoffer fra kommunale og industrielle kilder til Sørfjorden. Naturlige tilførsler er også beregnet.
2. Målsettingen har vært å sammenligne de ulike kilders relative betydning, vurdere Sørfjorden som resipient for næringsalter og organisk materiale samt beslutningsgrunnlaget for tiltak.
3. Et måleprogram er igangsatt sommeren 1988 i området Lindeneset - havnebassenget som et ledd i beslutningsgrunnlaget for valg av rensegrad, utslippsted og utslippsdyp. Resultatene fra denne undersøkelsen ventes ved årsskiftet.
4. Følgende konklusjoner kan trekkes:

- * Fosfor-tilførselen (~10 tonn pr. år) fordeler seg mellom 52% kommunal kloakk og ca 48% naturlig avrenning.
- * Nitrogen-tilførselen (~990 tonn pr. år) domineres av utslipp fra Odda Smelteverk (76 % av totaltilførselen).
- * Den kommunale kloakken dominerer når det gjelder bidrag av oksygenforbrukende organisk materiale.
- * Tidligere målinger i Odda's havnebasseng tyder på at denne lokaliteten er lite egnet som resipient for kommunal kloakk.
- * Grunnlaget for valg av rensegrad, utslippsted og utslippsdyp vil bli lagt når måleprogrammet som startet sommeren 1988 er gjennomført.

2. BAKGRUNN OG MÅLSETTING

Forurensningen av Sørfjorden har vært i fokus siden tidlig i 1970-årene. Oppmerksomheten har imidlertid vært ensidig rettet mot industriutslipp etter som det er disse som har dominert forurensningsbildet. Miljøvernkomiteen i Odda påpekte i 1973 ulempene med utslipp av urensset kloakk til Odda havnebasseng (estetiske ulemper, høyt bakterienivå, lavt oksygeninnhold i bunnvannet). I følge Miljøvernkomiteen ble det i 1971-72 sluppet ut 330 tonn nitrogen (tilsv. 75.000 p.ekv.) og 400 tonn fosfor (tilsv. 540.000 p.ekv.) pr år, med industrien som den dominerende kilde. De store utslippene av fosfor skyldtes Norzinks fosforsyreproduksjon (nedlagt 1975), mens utslippene av nitrogen skyldtes utslipp fra Odda Smelteverk. På bakgrunn av dette ble forurensningsdiskusjonen i 1970-årene fokusert på industriens utslipp, med rette.

Siden den gang har imidlertid forholdene endret seg. Norzinks store utslipp av fosfor og tungmetaller er sterkt redusert og tiden er nå inne for å se nærmere på hvilken rolle kommunal kloakk spiller i den store sammenheng. Planer om rehabilitering av Sørfjorden krever at flest mulige forurensningsbidrag saneres.

Når tiltak mot forurensning skal iverksettes er det viktig å ha et solid grunnlag å ta beslutninger på. På den måten vil investeringer i tiltak bli best mulig kost-nytte-effektiv. Målsettingen med denne rapporten er derfor:

- (i) Å gi en total oversikt over industriens og kommunens bidrag av næringsalter og oksygenforbrukende stoffer til Sørfjorden.*
- (ii) Å vurdere indre Sørfjord som resipient for kommunalt avløpsvann.*
- (iii) Samt å vurdere om det er behov for å styrke beslutningsgrunnlaget for valg av rensegrad, utslippssted og -dyp ved ytterligere undersøkelser.*

3. UNDERLAGSMATERIALE

Som underlagsmateriale til denne rapporten er følgende brukt:

- Miljøvernkomiteen i Odda's rapporter (1972-74)
- Målinger av oksygen og næringsalter i indre fjord i 1973 (Skei, 1975)
- Hovedoppgave i geofysikk (Svines, 1970)
- Tetthetssjiktete resipienter 1976-1977 (VHL, 1978)
- Rapporter innenfor Statlig program for forurensningsovervåking (Skei, 1979, 1980, 1986 og Næs og Rygg, 1982)
- Marin resipientundersøkelse ved K/S Ilmenittsmelteverket A/S, Tyssedal, 1985-1986 (Miljøplan, 1986)
- Vurdering av rensekrav for utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter (delrapport 1 - 7, NIVA)
- Vurdering av rensekrav for sjøresipienter. (NHL, 1982)
- Diverse NIVA-rapporter vedrørende kommunale kloakkeringsproblemer
- Industriens konsesjonssøknader
- VIAKs tallmateriale for forurensningsbelastning fra kommunal kloakk.

4. KOMMUNALE UTSLIPP

Beregning av forurensningsbelastning av kommunal kloakk i området Tyssedal - Odda er utført av VIAK A/S i Bergen. Beregningen er utført fra parametrene fosfor, nitrogen, biologisk oksygenforbruk (BOF_7), kjemisk oksygenforbruk (KOF) og suspendert stoff (SS). Følgende normtall er brukt:

P: 2 g pr døgn pr person
 N: 12 g " "
 BOF₇: 46 g " "
 KOF: 94 g " "
 SS: 42 g " "

Beregningsmodellen (Vråle, 1987) regner med 100% tilstedeværelse
 (tabell 1)

Tabell 1. Tilførsler av kommunalt avløpsvann fra Odda kommune til
 Sørfjorden. (utarbeidet av VIAK etter modell gjengitt i
 Vråle, 1987).

AVLØPSSONE	ANT. PERS.	FOSFOR kg/døgn	NITROGEN kg/døgn	BOF7 kg/døgn	KOF kg/døgn	SS kg/døgn
EITRHEIM	500	1.00	6.00	23.00	47.00	21.00
SUM EITRHEIM	500	1.00	6.00	23.00	47.00	21.00
ASKANE	90	0.18	1.08	4.14	8.46	3.78
TOKHEIM	150	0.30	1.80	6.30	14.10	6.30
REINENA	100	0.20	1.20	4.60	9.40	4.20
EGNEHJEM	200	0.40	2.40	8.20	18.60	8.40
SUM	540	1.08	6.48	24.84	50.76	22.68
AUSKJ. LEDNING	4200	8.40	50.40	193.20	394.80	176.40
FREIM	1300	2.60	15.60	59.80	122.20	54.60
RAGDESLETTA	25	0.05	0.30	1.15	2.35	1.05
FREIMSANDEN	150	0.30	1.80	6.90	14.10	6.30
SKOGEN	100	0.20	1.20	4.60	9.40	4.20
SUM HAUNEBASSENG	5775	11.55	69.30	265.65	542.85	242.55
TYSSDAL	900	1.80	10.80	41.40	84.60	37.80
SUM TYSSDAL	900	1.80	10.80	41.40	84.60	37.80
TOTALT	7715	15	93	355	725	324
SKARE	630	(til Storelva)				

Det totale antallet personekvivalenter er 7.715, hvorav befolkningen i Tyssedal utgjør 900 personer. I tillegg kommer ca 30 p.e. i form av pendlere som arbeider på storbedriftene (30% tilstedeværelse). Utslipp av kloakkvann fra ca 630 personer oppstrøms Sandvinvannet (Skare) er ikke tatt med, ettersom dette ikke representerer noen belastning på Sørfjorden.

Den totale belastningen på indre Sørfjord av fosfor og nitrogen fra kommunal kloakk utgjør henholdsvis ~ 5.5 tonn og ~ 34 tonn pr. år. Utslippenes fordeling til fjorden er vist på fig. 1 og 2.

4.1 Fosfor

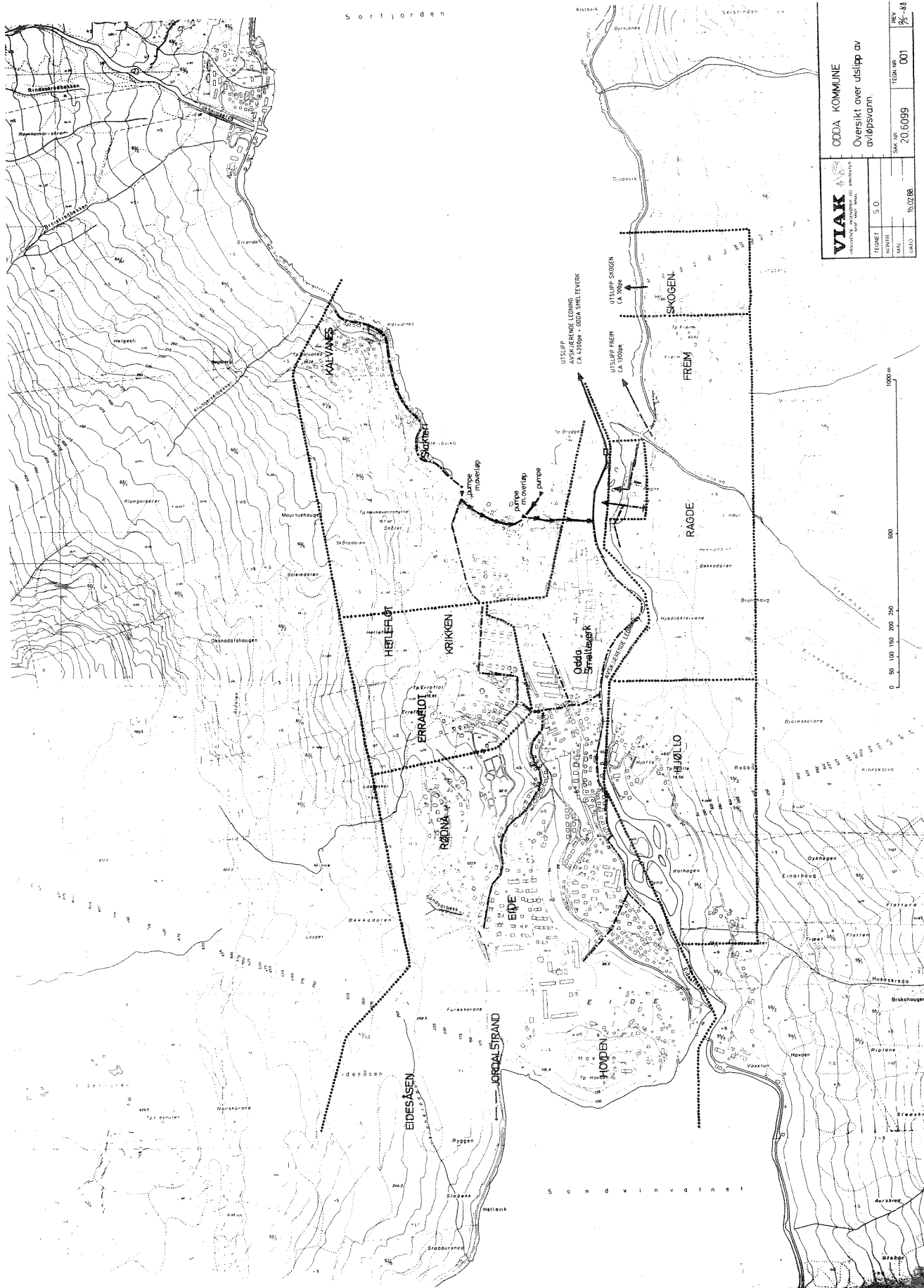
Husholdningskloakk inneholder gjennomsnittlig 12.5 mg/l fosfor (se Kirkerud et al., 1984). Konsentrasjonene vil variere en god del avhengig av ledningsnettets kvalitet. Dårlige ledningsnett gir infiltrasjon av vann og generelt lavere konsentrasjoner. I forbindelse med gjennomføring av forbud mot bruk av fosfat i vaskemidler, må en forvente at fosfor-konsentrasjonen i kommunalt avløpsvann vil gå noe ned i årene som kommer. Etter opplysninger fra Statens forurensningstilsyn vil forbud mot fosfor i vaskemidler fra ca 1990 bidra til 25-30% reduksjon i utslippene av fosfor.

Ca. 2/3 av totalmengden av fosfor i husholdningskloakk opptrer som løslige fosfater (PO_4^{3-} -P) og er således lett tilgjengelig for biologisk produksjon (plankton).

4.2 Nitrogen

Konsentrasjonen av nitrogen i kloakkvann er ca 60 mg/l, hovedsaklig som ammonium (NH_4^+ -N). På samme måten som for fosfor vil konsentrasjonen variere sterkt, avhengig av mengde infiltrert vann.

Nitrogen/fosfatforholdet i norsk husholdningskloakk ligger på omkring 10:1 (atomært).



VIAK VANN VANNREKKE, PLANLEGGING, ANLEGG		ODDA KOMMUNE	
TEK. NR. S.O.		Oversikt over utslipp av avløpsvann.	
TEK. NR.	20.6099	TEK. NR.	001
REV.	1/88	REV.	1/88

Fig. 2. Utslipp av kommunalt avløpsvann til Sandvinnvatnet, Opo og Oddas havneområde (oversikt utarbeidet av VIAK)

4.3 Organisk materiale

Mengde organisk stoff i husholdningskloakk kan uttrykkes enten som biologisk eller kjemisk oksygenforbruk. Ingen av parametrene er spesielt egnet for å uttrykke oksygenforbruket i sjøvann, men gir likevel en indikasjon på den organiske belastningen på resipienten. Det organiske stoffet som slippes ut via kloakk nedbrytes av aerobe mikroorganismer (heterotrofe bakterier), delvis i vannmassen og delvis i bunnsedimentene. Denne nedbrytningsaktiviteten tærer på oksygeninnholdet i vannet. Problemer vil oppstå dersom dette oksygenforbruket er stort i forhold til tilførselen av friskt, oksygenholdig vann.

Det er ikke uvanlig at den organiske belastningen som kloakkvannet representerer er underordnet i forhold til den sekundære organiske belastningen i form av planktonproduksjon. Næringssalttilførselen i kloakkvann kan føre til en produksjon av organisk materiale i vannmassen som er 5-7 ganger belastningen som kloakkvannets innhold av organisk materiale representerer (Kirkerud et al., 1984).

5. INDUSTRIUTSLIPP

En forespørsel er sendt til de fleste bedrifter i Odda for å få kartlagt bedriftenes utslipp av sanitæravløpsvann og prosessvannets innhold av fosfor, nitrogen og oksygenforbrukende stoffer. Når det gjelder sanitært avløpsvann, er det allerede innkludert i belastningsberegningen for boligkloakk ettersom de som arbeider på bedriftene er bosatt i området. Unntak er pendlere, som utgjør ca 100 personer på de tre storbedriftene tilsammen. Disse representerer derfor en belastning på 30 p.e., om vi regner med 30% tilstedeværelse. Eventuelle pendlere på de andre bedriftene er det ikke tatt hensyn til.

Av de bedriftene som har oppgitt at de har utslipp av en eller flere av de ovennevnte stoffene er:

Odda Smelteverk A/S
Indre Hardanger Industri A/S

5.1 Fosfor

Før 1975, da fosforsyrefabrikasjonen pågikk ute på Eitrheimsneset, var Norzinks fosforutslipp totalt dominerende. I henhold til Miljøvernkomiteens oversikter, ble det sluppet ut ca 400 tonn fosfor pr. år fra Norzink, tilsvarende ca 540.000 p.e. ! Det bør imidlertid presiseres at det ikke alltid er helt relevant å sammenligne industriens utslipp av næringssalter med personekvivalenter.

Selv om en god del av dette fosforet neppe var biologisk tilgjengelig, representerte dette utslippet et stort produksjonspotensiale. Sedi-mentundersøkelser utført i Sørfjorden i 70-årene viste en betydelig anrikning av fosfor i sedimentene i nærområdet til Eitrheimsneset (Skei, 1975). Dette skyldes sannsynligvis utslipp av apatitt ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$). I forbindelse med forsøk som NIVA gjorde med foruren- sede Sørfjord-sedimenter i 1987 (Skei et al., 1987), ble det gjort noen analyser av næringssalter for å se på bunnsedimentenes bidrag av disse stoffene. For fosfors vedkommende ble det ikke påvist signifi- kante bidrag fra sedimentene under oksygenerte forhold.

Industriutslipp som inneholder fosfor idag kommer fra Indre Hardanger Industri A/S (vaskeri). Mengden av fosfor som kommer fra vaskeriet er oppgitt til 56 kg pr år som et resultat av 2.5% fosfor i et av vaskerimidlene (Lilleborgs CLAX FL). Den totale fosfor- belastningen som Odda-industrien representerer er derfor neglisjerbar (<1% av total belastning).

5.2 Nitrogen

Industriens bidrag av nitrogen er totalt dominert av utslipp fra Odda Smelteverk A/S, hovedsaklig fra dicyproduksjon. Ved en dicyproduksjon på 20.000 tonn/år vil man få 91.000 tonn avfallskarbonat og 910 tonn totalt nitrogen, hvorav ca. 1/3 er vannløslig (i følge konsesjons- søknad fra 1985). I 1987 ble det i henhold til opplysninger fra be- driften sluppet ut totalt 758 tonn nitrogen hvorav 2/3 var vannløslig. En god del av nitrogenet (ca. 1/3) foreligger som tungtløselige nitrider og er ikke umiddelbart biologisk tilgjengelig. Det resterende må imidlertid betraktes som tilgjengelig for planktonproduksjon (ca. 505 tonn nitrogen). Omregnet til personekvivalenter utgjør dette et utslipp på ca 115.000 p.e. Også en del av nitrogenet i nitrider som følger avfallskalken kan omdannes mikrobielt i bunnsedimentene.

Målinger som NIVA gjorde i forbindelse med tester på sedimenter fra havnebassenget i Odda på oppdrag av Kontaktutvalget for miljøspørsmål i Odda viste at bunnsedimentene avgir nitrogen, hovedsaklig nitrat. "Lekkasjen" av nitrogenforbindelser var størst der hvor sedimentene var influert av avfallskalk. Her avgis mellom 35 og 60 g nitrogen fra 1 m² bunn pr år. Hvis vi antar at det er representativt for et areal på ca 200 m ganger 200 m, tilsvarer lekkasjen et årlig "utslipp" på 1.4 - 2.4 tonn total nitrogen. Man må anta at denne frigivelsen av nitrogenforbindelser er et resultat av omdanning av sedimentets nitrider. Sammenlignet med utslippene fra Odda Smelteverk er denne nitrogenkilden liten. Sammenligner vi derimot med nitrogenmengden som tilføres fjorden via kommunal kloakk, utgjør bidraget fra sedimentene ca 5%. Det bør bemerkes at sedimentene bidrar med nitrogen til bunnvannet og ikke til det produktive overflatelaget.

5.3 Organisk materiale

Ingen av de tilskrevne bedriftene opplyser at de har utslipp av oksygenforbrukende organisk materiale (lett nedbrytbart). Derimot er det betydelige utslipp av tungt nedbrytbart organisk materiale (PAH-forbindelser, koks, kull, grafitt etc.) Dessuten kan det dreie seg om utslipp av oksyderbare uorganiske forbindelser, slik som f eks cyanid fra Odda Smelteverk.

Konklusjonen blir at industriens bidrag av lett nedbrytbart organisk materiale er neglisjerbart, og har neppe noen innvirkning på oksygenforholdene i dypvannet i Indre Sørfjord.

6. ULIKE KILDERS RELATIVE BETYDNING

I de forutgående kapitler er det forsøkt å fastslå de ulike forurensningskilder for næringsalter og organisk materiale til indre Sørfjord. Bidrag fra naturlig avrenning er derimot ikke nevnt. Selv om dette er tilførsler som det er vanskelig å gjøre noe med, er det viktig å ta hensyn til dem i budsjettsammenheng.

Hovedtilførselen av ferskvann til indre Sørfjord er via Opo (midlere vannføring, 39 m³/s). Vannkvaliteten i Sandvinvannet er lite undersøkt, men NIVAs målinger i oktober 1987 viste at vannet kan betraktes som en næringsfattig (oligotrof) innsjø (Sørgaard og Tjomsland, 1987). Full oksygenmetning til bunns og lave næringssaltkonsentrasjoner (tot-P: ~4 µg/l og tot-N: ~160 µg/l) tyder på liten organisk belastning ved avrenning fra det 464 km² store

nedbørfeltet. Med utgangspunkt i disse måleverdiene og midlere vannføring i Opo, gir dette en årlig transport av ~5 tonn fosfor og ~200 tonn nitrogen til Sørfjorden. I tillegg kommer avrenning fra skog og fjellområde på strekningen Odda-Tyssedal. Belastningstall som brukes ved avrenning fra skog- og fjellområder er henholdsvis 8 og 6 kg fosfor/km²/år og 100 kg nitrogen/km²/år. Denne tilførselen blir så liten at den går inn i usikkerheten av transportverdiene for Opo, slik at Opo kan anslås å representere det naturlige bidraget av næringssalter til indre Sørfjord. I tabellen nedenfor er det gjort forsøk på å sammenstille de ulike kildenes relative betydning (tabell 2).

Tabell 2. Oversikt over tilførsler av næringssalter og organisk materiale til indre Sørfjord (tonn/år).

Kilde	Fosfor (P)	Nitrogen (N)	Org.matr. (BOF ₇)
Naturlig avrenning	5	200	-
Kommunal kloakk	5.5	34	131
Odda Smelteverk A/S	-	758	-
Totalt	10.5	992	131

Denne sammenstillingen viser at den naturlige transporten av fosfor i Opo tilsvarer omtrent det kommunale bidraget. Ved f.eks. 85% fosfatfjerning fra kloakken vil det kommunale utslippets relative bidrag reduseres fra 52% til 14% og totalbelastningen avtar med 44%. Når det gjelder nitrogen er Odda Smelteverk den dominerende kilden, mens den naturlige avrenningen er omtrent 6 ganger større enn det kommunale bidraget. Selv om vi bare regner med den vannløslig delen av nitrogenet i avløpsvannet (505 tonn/år) utgjør det kommunale bidraget bare ca 7% av dette. Utslipp av organisk materiale i lett nedbrytbar form skjer hovedsakelig via den kommunale kloakken.

7. SØRFJORDEN SOM RESIPIENT FOR NÆRINGSSALTER OG ORGANISK MATERIALE

De topografiske forhold i Sørfjorden, med bratte fjellsider ned til sjøen, fører til at produsert avløpsvann (industrielt og kommunalt) finner veien til fjorden. Sørfjorden har derfor fungert som resipient for avløpsvann fra den tid bosetning og industri ble etablert. Utslippene fra industrien har dominert på grunn av tilstedeværelse av tre storbedrifter i området. Utslipp av tungmetaller (Norzink) og tjærestoffer (tidligere DNN Aluminium og Odda Smelteverk) har vært i fokus innenfor det statlige programmet for forurensningsovervåking

(Skei 1986).

Forurensningsproblemer knyttet til utslipp av næringsalter og oksygenforbrukende substanser har vært mindre undersøkt. I Miljøvernkomiteens rapporter er det henvist til målinger av fosfor, nitrogen, totalt organisk materiale og oksygen i Sørfjordens vannmasser. I begynnelsen av 70-årene da fosforsyrefabrikasjon pågikk på Eitrheimsneset ble det totale utslippet av fosfor til sjø, inkludert kloakkvann, beregnet til 400 tonn pr år. (tilsv. ~540.000 p. ekv. hvis normtallet 2. g pr pers. og døgn brukes). I dette tallet var naturlig avrenning ikke tatt med.

Nitrogenbelastningen den gangen var beregnet til 330 tonn pr år eller ca 75.000 p. ekv. (normtall: 12g N pr pers. og døgn). Både fosfor- og nitrogentilførselen var totalt dominert av industriutslipp. Konsentrasjonene av begge næringssaltene var meget høye i indre Sørfjord, spesielt på intermediære dyp (20-40 m) i samsvar med utslippsdyp. På grunn av den sterke lagdelingen innerst i fjorden var det imidlertid moderat økning av næringsalter i overflaten som følge av disse industriutslippene. Fig. 3 viser den vertikale fordelingen av fosfat i Sørfjorden i august 1972 (Skei, 1975) med et utpreget maksimum på ca 50 m dyp og lave verdier i overflaten.

Vannets innhold av organisk karbon ble målt i forbindelse med Miljøvernkomiteens arbeid tidlig i 70-årene. Nivåene var ikke spesielt høye bortsett fra enkelte høye verdier i overflatevannet i havnebassenget som trolig kan tilskrives kloakkpåvirkning. Heller ikke i bunnsedimentene i Sørfjorden er det påvist meget høye konsentrasjoner av organisk materiale med unntak av havnebassenget (Skei, 1979).

Vannets oksygeninnhold forteller mye om en fjords resipientkapasitet dvs. evnen til å hankes med oksygenforbrukende substanser uten at oksygen reduseres til uakseptable nivåer (<3-4 ml/l). Det er gjort få målinger av oksygen i indre Sørfjord. Undersøkelser av Svendsen (1973) i midtre deler av Sørfjorden i 1972 viste variasjonen i oksygenforholdene (Fig.4). Laveste konsentrasjonen ble påvist på ca 150 m dyp hele året, men spesielt lavt om høsten. Målinger i indre fjord i september 1973 av Skei (1975) viste verdier lavere enn 4 ml/l fra Tyssedal og innover (Fig. 5). Laveste konsentrasjon ble målt til 2.27 ml/l O_2 på 100 m dyp utenfor Tyssedal i april 1974 (Skei, 1975). Disse målingene er senere bekreftet i 1985-86 hvor A/S Miljøplan målte ned mot 2.2 ml/l O_2 i 80 m dyp utenfor Tyssedal (Miljøplan, 1986). Dette viser at man i hvertfall periodevis har et oksygenforbruk som er for stort i forhold til vannutskiftningen. Det kan derfor slås fast at indre del av Sørfjorden ikke er særlig velegnet som resipient for

oksygenforbrukende stoffer.

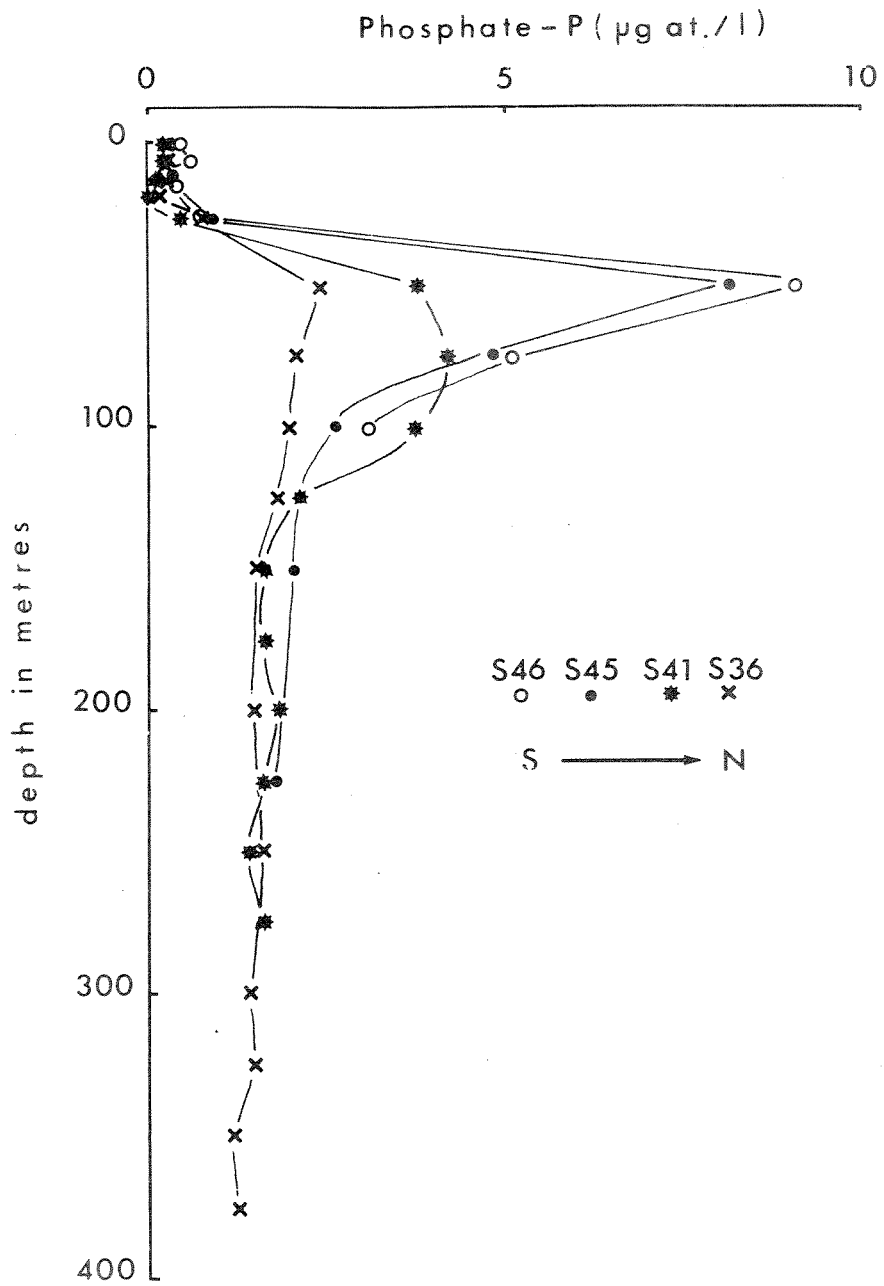


Fig. 3. Vertikal fordeling av fosfat i vannmassene på lokaliteter på strekningen Lindeneset (S46) i sør til Naa (S36) i nord. (etter Skei, 1975)

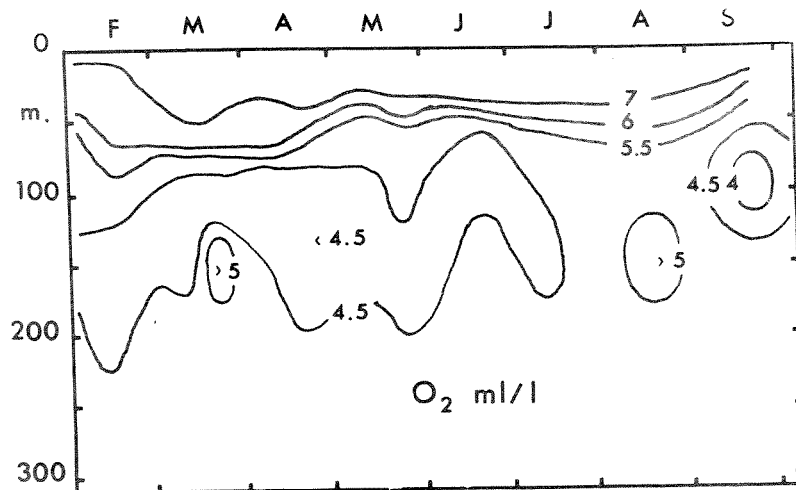


Fig. 4. Isopleter fra oksygen i midtre delen av Sør fjorden i perioden februar-september 1972 (etter Svendsen, 1973)

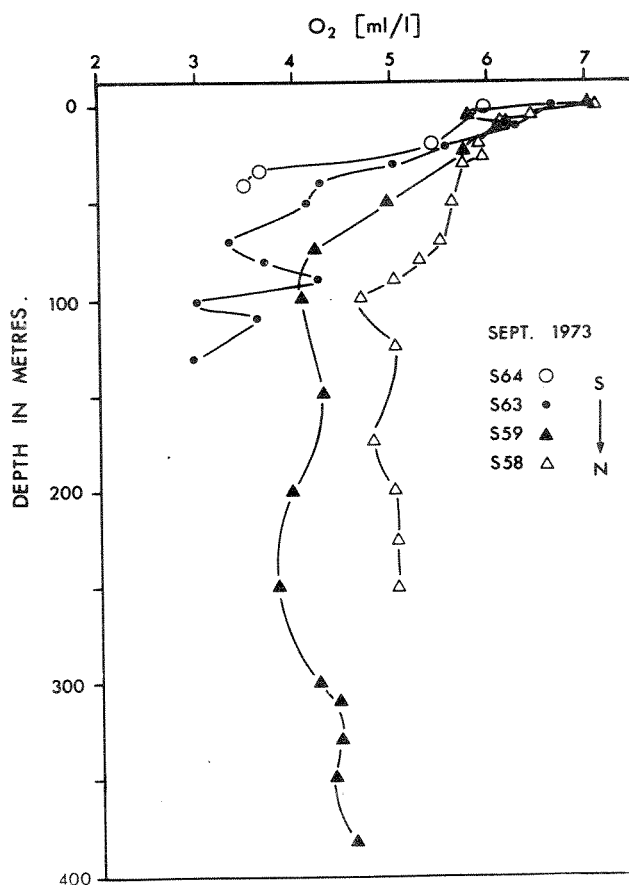


Fig. 5. Vertikal fordeling av oksygen i vannmassene på lokaliteter på strekningen Odda havnebasseng (s64) til Ullensvang (s58) (etter Skei, 1975)

Når det gjelder næringssalter så har belastningen endret seg vesentlig etter at fosforsyrefabrikasjonen opphørte ved Norzink (ca 1975). I dag er det det kommunale bidraget av fosfor som dominerer hvis vi ser bort fra naturlige tilførsler. Utslippene av nitrogenforbindelser derimot er fortsatt store fra Odda Smelteverk og totalt dominerende som nitrogenkilde.

Det eksisterer, så vidt man vet, ingen opplysninger om planktonproduksjonen i indre Sørfjord og mulig kobling til gjødslingeffekter. Det er imidlertid observert kortvarige kraftige oppblomstringer av plankton i havnebassenget og et stykke utover (Ingvar Tveit, pers. medd.). I forbindelse med en oppblomstring våren 1986 ble prøver av det rødfargede vannet mikroskopert (Karl Tangen, Akva Viten A/S). Det ble påvist store mengder (9-10 millioner celler pr liter) dinoflagellater og andre små flagellater. Dette ble betraktet som uvanlig på denne årstiden (april). I tillegg ble det konstatert et stort innslag av giftige arter (paralyserende toksiner, PSP) og det ble sannsynliggjort at blåskjell var sterkt toksiske på dette tidspunktet i Sørfjorden. Tilstedeværelse av Dinophysis i planktonprøvene tydet videre på at blåskjellene også kunne inneholde diaretiske toksiner (DSP). Årsaken til slike oppblomstringer av toksiske planktonalger er ikke kjent, men det kan ha noe med næringsforholdene å gjøre.

Av andre symptomer som kan indikere eutrofi (overgjødsling) er grønskevekst langs strendene rundt havnebassenget. Undersøkelser av flora og fauna på grunt vann i Sørfjorden i 1981-82 (Bokn et al., 1986) konkluderte med at artsantallet av fastsittende alger og dyr var lavt og vekstforholdene i hele Sørfjorden var dårlige. Forholdet mellom mengden av brune, grønne og røde alger viste at på havnebassengets vestsida (Sanden) var det mye som tydet på kloakkpåvirkning (overgjødsling).

Registrering av dyr som lever på bløtbunn i havnebassenget (Skei et al., 1987) viste lavt artsantall og tilstedeværelse av forurensningstolerante arter. Det er imidlertid vanskelig å skille mellom effekter som skyldes tungmetaller og hva som skyldes organisk belastning. Artsantallet var lavest på 50 m dyp midt i havnebassenget (Skei et al., 1987) selv om metallinnholdet var lavere her enn på de andre stasjonene som ble tatt nærmere Eitrheimsneset. Årsaken kan være en kombinasjon av påvirkning fra kalkutslippet fra Odda Smelteverk og utslipp fra kommunal kloakk.

I tillegg til symptomer på overgjødsling ble det også i forbindelse med Miljøvernkomiteens undersøkelse i 70-årene påvist forhøyede nivåer av koliforme bakterier i havnebassenget. Ved Odda's friluftsbad ved

Byrkjaneset ble det i august 1972 påvist opp til 1600 koliforme bakterier pr 100 ml. (Miljøvernkomiteen i Odda, 1973). Dette er meget høyt i forhold til gjeldende krav til badevannskvalitet (gjennomsnittlig 50 E.coli pr. 100 ml for god badevannskvalitet).

Det er således en del indikasjoner på at den innerste delen av Sørfjorden er overgjødset (høyt innhold av næringssalter) og at nivået av bakterier er forhøyet som resultat av utslipp av kommunal kloakk. Lave oksygenverdier i bunnvannet tyder på at den organiske belastningen er for stor i forhold til vannutskiftningen.

8. ER BESLUTNINGSGRUNNLAGET FOR VALG AV RENSEGRAD, UTSLIPPSSTED OG

DYP GODT NOK?

Generelt er skadelige effekter av overbelastning med kloakkvann og tilsvarende utslipp er klart dokumentert (Kirkerud et al., 1984):

- oksygenvinn og eventuelt dannelse av "råttent" (hydrogensulfidholdig) vann, med innskrenket livsrom for organismer på dypere vann (under sprangsjiktet) og redusert forekomst av særlig bunndyr og fisk.
- endringer i samfunnenes sammensetning både på grunt og dypt vann, bl.a. mot dominans av enkelte ettårige, hurtigvoksende alger ("grønske" o.a.) i strandsonen.
- misfarging og grumsing av overflatevann ved store oppblomstringer av planteplankton.

I indre del av Sørfjorden er alle disse symptomene registrert. Imidlertid er årsaksforholdet ikke like enkelt ettersom det er både industrielle og kommunale kilder. Dessuten kan utslagene på eutrofi være mindre tydelige ettersom det kan forekomme en giftvirkning i vannmassen som følge av tungmetallforurensning. Toksisitetstester med vann fra Eitrheimsvågen viste at vannet var giftig ovenfor sjøpinnsvin og blåskjell (Kirkerud og Knutzen, 1986). Det er således ikke utenkelig at vannkvaliteten i havnebassenget kan virke hemmende på produksjonen av enkelte planktonarter. Dette kan isåfall innebære at ved en reduksjon av tungmetallutslippene kan planktonproduksjonen og effekten av overgjødning øke.

Ikke all tilførsel av næringssalter til en resipient har negative

effekter. Imidlertid finnes det ikke generelle kriterier som kan benyttes for å trekke opp grenser mellom positive og negative effekter av eutrofiering. Fig. 6 viser hvordan skadelige og gunstige effekter av næringssalttilførsel endrer seg med avstand fra utslippet.

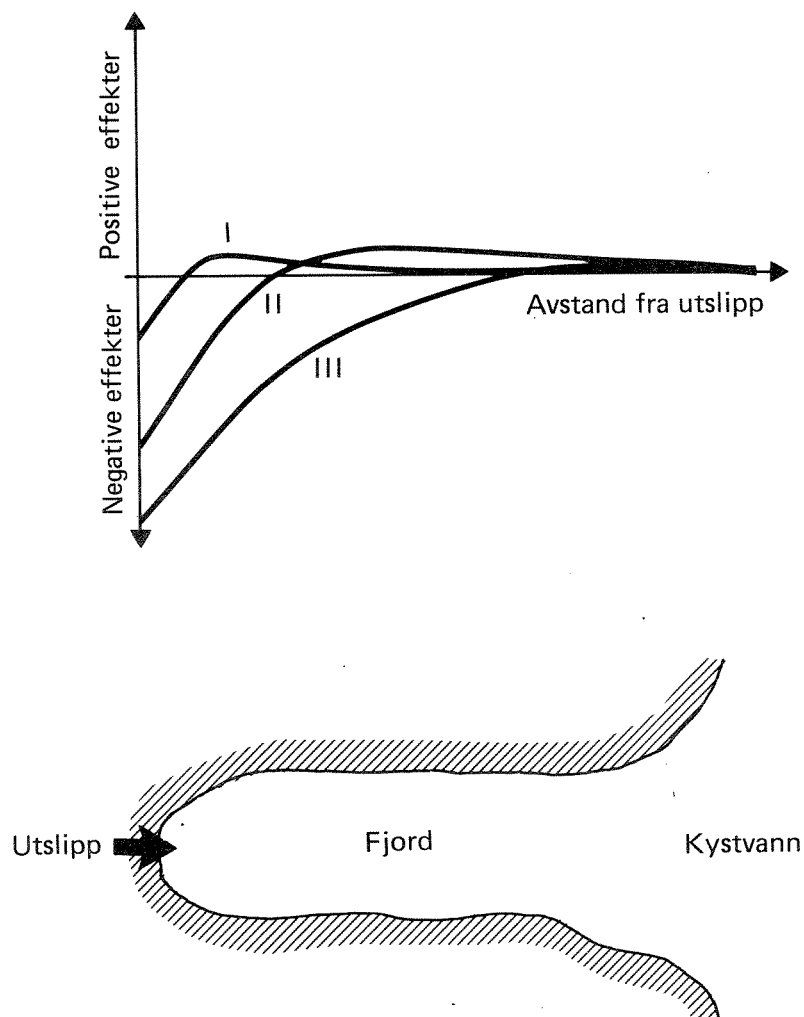


Fig. 6. Generelt bilde av hvordan negative og positive effekter av gjødselstoffer kan fordele seg ved utslipp til en fjord. (etter Molvær et al., 1985)

Ved økt planktonproduksjon som resultat av overgjødning kan overflatevannet bli misfarget og grumset og dermed lite tiltalende. I tillegg vil oksygenforbruket i dypvannet øke når planktonet dør og synker til bunns. Man regner ofte med at 20-40% av det organiske stoffet fra primærproduksjonen sedimenterer. Oksygenforbruket i dypvannet som følge av planktonproduksjonen kan være 5-7 ganger større enn primærbelastningen fra kloakkvannets innhold av lett nedbrytbart organisk stoff (Kirkerud et al., 1984). Når vannmassen er sjiktet i tillegg vil oksygenvinnet i dypvannet bli større.

Ved utslipp av kloakkvann til sjø må innvirkning på vannkvalitet (overflatevann og dypvann) samt bunnforhold i utslippsområdet vurderes. Urenset kloakk som slippes ut nær overflaten vil påvirke både overflatevannet, dypvannet og bunnen. Et dypvannsutslipp (urenset) vil vanligvis i sjiktede fjorder i første rekke påvirke dypvannet og bunnforholdene. Endringer i vannkvaliteten som følge av utslipp vil avhenge av fortykning og vannutskiftning.

Ulempene ved utslipp av urensset kloakk er i første rekke knyttet til hygieniske og estetiske forhold (bakterier, fekalier, papiravfall etc.) Ofte vil slike utslipp føre til nedslamming i utslippsområdet. Ved utslipp av urensset kloakk ved Vallø i Vestfold (ca 45.000 p.e.) var 7-8.000 m² bunn nedslammet (Molvær et al., 1983). Etter at mekanisk rensing ble innført var arealets størrelse i løpet av to år redusert til 2.000 m². Nedslammingen vil selvsagt avhenge av strømforholdene på stedet.

Det kommunale utslippet i Odda representerer ca 8.000 p.e. og må betraktes som relativt lite. Ved valg av rensegrad må i tillegg til utslippets størrelse de lokale resipientforhold vurderes. Belastningen av nitrogen ved det kommunale utslippet er lite i forhold til den store nitrogentilførselen fra Odda Smelteverk. Fosfat derimot kommer hovedsaklig fra kloakken, ved siden av de naturlige tilførselene. Ved valg av kjemisk rensing vil man forvente 80-90% fosfatfjerning, mens fjerningen av nitrogen vil bli ubetydelig. Ved mekanisk rensing fjernes flyttestoffer og sedimenterbart stoff opp til 100%, mens suspendert stoff fjernes med ca 60% effektivitet (Molvær et al., 1983).

Den endelige avgjørelse om valg av rensegrad bør ikke tas før resipientundersøkelsene som er igangsatt sommeren 1988 er gjennomført (se NIVA's brev av 25.3.88). Undersøkelsen vil gi et bedre innblikk i resipientens egnethet som mottaker av kommunalt avløpsvann.

Valget av utslippssted må ses i sammenheng med rensegrad, hydrografiske og topografiske forhold. Sørfjorden er ingen utpreget terskelfjord, selv om det eksisterer en terskel på ca 250 m dyp ytterst i fjorden. Havnebassenget ligger som et platå på 50 m dyp. I følge Miljøvernkomiteens rapport varierer brakkvannslagets tykkelse mellom 2 og 10 m ved Lindeneset. Brakkvannslagets utbredelse er styrt av ferskvannstilførselen i Opo og Tysso, som er regulert. Dypvannsfornyinger skjer ved at intermediært vann fra Hardangerfjorden med redusert oksygeninnhold strømmer inn i Sørfjorden. Etersom oksygeninnholdet i det innstrømmende vannet er forholdsvis lavt vil oksygenforholdene i dypvannet i Sørfjorden alltid være nokså dårlige. Strøm-målinger (Svendsen, 1973) har vist at om sommeren går brakkvannsstrømmen utover på østsiden og innover på vestsiden. Vannbevegelsen i underliggende vannmasser er små og variable, men kjemiske undersøkelser (Skei, 1975) har indikert at det jevnlig skjer en utstrømming mellom 25 og 100 dyp. Strømforholdene i overflaten i havnebassenget er også i stor grad bestemt av vindstyrke og retning. Et forenklet bilde av overflatestrømmen innerst i fjorden er vist på Fig. 7.

I Miljøvernkomiteens anbefalinger om utslippsrørens horisontal-plassering er det påpekt at indre havnebasseng må betraktes som lite egnet som utslippssted for forurensninger. Dette gjelder spesielt vestsiden og Eitrheimsvågen pga. virveldannelser (bakevje). Lindenesområdet synes å være det mest velegnede sted for utslipp av kommunal kloakk. På den måten unngår man belastning av det indre havnebassenget og muligheten for fortykning skulle være bedre her enn inne i bassenget. Imidlertid bør avgjørelsen om valg av utslippssted avvete resultatene fra målingene sommeren 1988.

Valget av utslippsdyp er også viktig for å oppnå ønsket innlagringsdyp og fortykning. Miljøvernkomiteen anbefalte utslippsdyp på 20 m for den kommunale kloakken. Hvis utslippet legges til området nær Lindeneset bør et utslippsdyp på ca 40 m eller ca 10 m over bunnen velges. Ved å velge et slikt utslippsdyp må man regne med en innlagring av avløpsvannet godt under brakkvannslaget og fotosyntesesonen (se Fig. 8). Den endelige avgjørelsen om utslippsdyp bør imidlertid vente til sjiktningsundersøkelsene er utført sommeren 1988. Når disse foreligger kan utslippsdyp beregnes på grunnlag av et regneprogram.

Konklusjonen må derfor bli at beslutningsgrunnlaget for valg av rensegrad, utslippssted og dyp ikke er tilfredsstillende på det nåværende tidspunkt. Ved å gjøre målinger av næringsalter, bakterier, oksygen, salt og temperatur vil beslutningsgrunnlaget styrkes. Resultatene fra et enkelt måleprogram slik som skissert av NIVA i brev av 25.3.88 har imidlertid begrenset utsagnskraft. Derimot eksisterer det en betydelig

kunnskap om rensing av kloakk og utslipp til sjø fra en rekke tettsteder og kystkommuner.

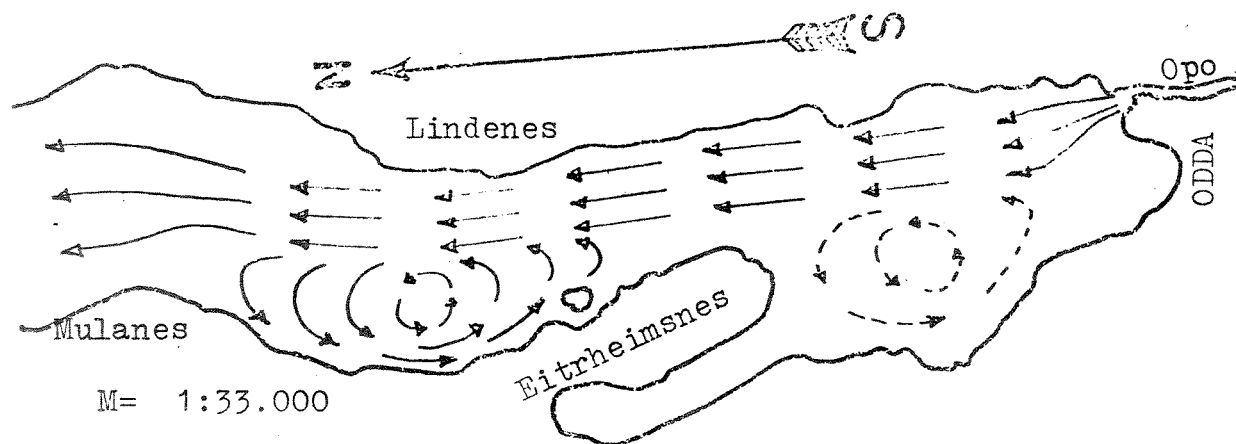


Fig. 7. Skjematisk fremstilling av overflatestrømmen i indre Sør fjord (etter Miljøvernkomiteen, 1973)

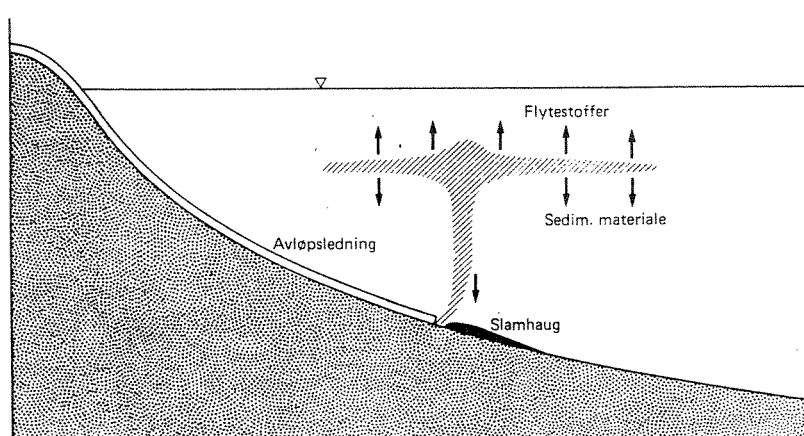


Fig. 8. Generelt bilde av transport av partikulært materiale ved dyp-utslipp av kommunalt avløpsvann (etter Molvær et al, 1983)

9. LITTERATURHENVISNINGER

- Bokn, T., Green, N. & Pedersen, A., 1986. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden. Delrapport 3. Gruntvannssamfunn i Sørfjorden 1981-1982. Overvåkingsrapport nr. 239/86. Statlig program for forurensningsovervåking, 29 s.
- Kirkerud, L., Knutzen, J., Magnusson, J., Ormerod, K. & Rygg, B., 1984. Vurdering av rensekrav for sjøresipienter. Rapport nr. 7. Effekter av tilførsler av plantenæringsstoffer og organisk stoff. NIVA-rapport 0-81006, 88 s.
- Kirkerud, L. og Knutzen, J., 1986. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1984-1985. Delrapport 2. Metaller i tang. Toksisitetstester. Overvåkingsrapport nr. 226/86. Statlig program for forurensningsovervåking, 56 s.
- Miljøplan, 1986. Marin resipientundersøkelse ved K/S Ilmenittsmelteverket A/S, Tyssedal, 1985-1986. Oktober 1986, 48 s. + bilag.
- Miljøvernkomiteen i Odda, 1973. Resipientundersøkelse i Sørfjorden 1972.
- Molvær, J., Øren, K. og Kvalvågnæs, K., 1983. Vurdering av rensekrav for sjøresipienter. Rapport 5. Nedslamming og forsøpling av bunnen ved utslipp av kommunalt avløpsvann. NIVA-rapport 0-81006, 20 s.
- Molvær, J., Jacobson, P., Magnusson, J., McClimans, T.A. og Thendrup, A., 1985. Vurdering av rensekrav for utslipp av kommunalt-avløpsvann til sjøresipienter. Rapport 8. Sammendrag. Problemer og mulige løsninger. NIVA-rapport 0-81006, 83 s.
- NHL, 1982. Vurdering av rensekrav for sjøresipienter. Del 1: Dominerende fysiske prosesser i fjorder og kystfarvann. NHL-rapport 283033, 76 s. + vedlegg.
- Næs, K. og Rygg, B., 1982. Supplerende basisundersøkelse i Sørfjorden 1981. Overvåkingsrapport 51/82. Statlig program for forurensningsovervåking, 39 s.
- Skei, J.M., 1975. The marine chemistry of Sørfjorden, West Norway.

- Ph.D.-thesis, University of Edinburgh, 207 s.
- Skei, J., 1979. Nasjonalt program for overvåking av vannressurser. Pilotprosjekt Sørfjorden (Hardanger) 1978. NIVA-rapport 0-75038, 32 s.
- Skei, J., 1986. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden, 1984-1985. Delrapport 4. Konklusjonsrapport. Overvåkingsrapport nr. 240/86, 32 s.
- Skei, J., Pedersen, A., Berge, J.A., Bakke, T. og Næs, K., 1987. Indre Sørfjord. Sedimentenes betydning for metallforurensning i miljøet. Muligheter og behov for tiltak. Fase 2. Kvantifisering av utlekking av tungmetaller fra forurensede sedimenter. NIVA-rapport 0-87005, 101 s.
- Svendsen, H., 1973. Oceanografiske undersøkelser i Sørfjorden 1972, 18 s. + figurer.
- Svines, P., 1970. Hardangerfjordens hydrografi september 1955 - september 1956. Hovedoppgave i geofysikk, Universitetet i Oslo, 112 s.
- Sørgaard, K. og Tjomsland, T., 1987. Utfylling med sprengstein langs Sandvinvatnet. Mulige endringer i vannkvalitet. NIVA-rapport 0-87165, 48 s.
- VHL, 1978. Tetthetssjiktete resipienter 1976-1977. NTN-prosjekt nr. 1520. 4218, 176 s.
- Vråle, L. 1987. Bestemmelse av tilføringsgrad. Avløpsteknikk. NTN Prosjektrapport 59/87, 42 s.