

0-8/76

RESIPIENTMESSIG OG AVLØPSTEKNISK VURDERING
AV MOLDE KOMMUNES KLOAKKRAMMEPROGRAM

Blindern, 5. november 1976

Saksbehandler: Cand.real. Jarle Molvær

Medarbeider : Siv.ing. Lasse Vråle

Instituttetsjef Kjell Baalsrud

F O R O R D

Foreliggende rapport er utarbeidet etter oppdrag fra Molde kommune, Teknisk etat, med det formål å vurdere Molde kommunes fremtidige avløpstekniske tiltak.

Rapporten er utarbeidet på grunnlag av Molde kommunes kloakkrammeplan, opplysninger fremkommet under et møte mellom representanter fra Molde kommune og NIVA 9.4.1976, samt resultater fra NIVAs undersøkelse av Molde- og Fannefjorden i tidsrommet 1971-1972.

De avløpstekniske vurderingene er utført av siv.ing. Lasse Vråle, mens de resipientmessige vurderingene er utført av cand.real. Jarle Molvær.

Blindern, 5.november 1976


Jarle Molvær

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
1. INNLEDNING	5
2. GENERELT OM UTSLIPP AV KOMMUNALT AVLØPSVANN TIL FJORDOMRÅDER	6
2.1 Forurensningsvirkninger	6
2.2 Rensing og utslipp til resipient	8
3. FANNEFJORDEN SOM RESIPIENT	10
3.1 Topografi	10
3.2 Forurensningstilførsler	11
3.3 Vannutskiftning	12
3.4 Vannkvalitet	13
3.5 Resipientmessig vurdering av Molde kommunes kloakkrammeplan	18
4. AVLØPS- OG RENSLETEKNISKE VURDERINGER	23
4.1 Generelt	23
4.2 Vurdering av avløpsplaner for Molde kommune	24
4.2.1 Spesielle naturgitte forhold som inn- virker på avløpsplanleggingen	24
4.2.2 Avløpsalternativ for Molde by	25
4.2.3 Innsamling av grunnlagsmateriale	26
4.2.4 Renseprosesser	28
5. KONKLUSJONER	30
REFERANSER	33
FIGURER	

TABELLFORTEGNELSE

		Side:
Tabell 1	Karakteristiske data for Fannefjorden	10
Tabell 2	Antall innbyggere og arealutnyttelse i Fannefjordens nedbørsfelt	11
Tabell 3	Konsentrasjoner av oksygen, ortofosfat og nitritt + nitrat i Fannefjorden 1971-1972	14
Tabell 4	Forholdet mellom konsentrasjonen av nitritt + nitrat og ortofosfat i Fannefjordens overflatelag 1971-1972	16

1. INNLEDNING

I Molde kommunes kloakkrammeplan fra november 1975 er planlagt bygging av fire kloakkrenseanlegg RA 1 - RA 4, alle med utslipp til Fannefjorden, se figur 1. Belastningen på renseanleggene er antatt å bli:

RA-1	:	8 700 p.e.
RA-2	:	17 000 p.e.
RA-3	:	2-3 000 p.e.
RA-4	:	600 p.e.

Totalt blir dette ca. 28-29 000 p.e., hvorav Molde kommune opplyser at 8-10 000 p.e. stammer fra industriell virksomhet. I kloakkrammeplanen er imidlertid ikke tatt endelig standpunkt til bl.a.:

1. Hvilke renseprosesser som skal anvendes i anleggene.
2. I hvilken rekkefølge anleggene skal utbygges.
3. Den hydrauliske belastning på de enkelte anleggene.

Disse spørsmål må avgjøres på grunnlag av en vurdering av de resipientmessige konsekvenser og de teknisk/økonomiske forhold for de aktuelle alternativer.

Foreliggende rapport har til formål å:

1. Gi en vurdering av Fannefjorden som resipient for de planlagte renseanleggene.
2. Gi en generell teknisk vurdering av Molde kommunes kloakkrammeplan, samt trekke opp retningslinjer for videre arbeid med denne.

2. GENERELT OM UTSLIPP AV KOMMUNALT AVLØPSVANN TIL FJORDOMRÅDER

2.1 Forurensningsvirkninger

De forurensninger fra avløpsvann og avrenning fra nedbørfeltene som i dag synes å være av størst betydning for fjordområder, kan etter virkningen på vannet og fjordens planter og dyr deles i 4 grupper:

1. Nedbrytbare organiske stoffer
2. Næringsalter eller gjødselstoffer
3. Giftstoffer
4. Partikulært materiale, søppel og olje.

Ved rensing av kommunalt avløpsvann tar man primært sikte på å redusere de virkninger forurensningene av gruppene 1, 2 og 4 har på resipienten. En nærmere beskrivelse av de virkninger stoffene i gruppe 1 og 2 har på vannets kvalitet er gitt nedenfor.

Nedbrytbare organiske stoffer

Organiske stoffer tilføres fjordene hovedsakelig fra kommunal kloakk, industriutslipp og jordbruk. I tillegg kommer den naturlige tilførselen av organisk materiale gjennom avrenningen fra nedbørfeltene.

Disse forbindelser utnyttes av heterotrofe organismer (bakterier, sopp, dyr) som næring. Nedbrytningen medfører forbruk av oksygen. Hvis belastningen av organiske stoffer fra avrenning og fra utslipp av forurenset vann er stor, vil det frie oksygen i vannet helt eller delvis kunne forbrukes. Dette kan føre til at nesten alle organismer i vannet dør ut. Forsviner oksygenet helt, fås "råttent" vann, idet enkelte spesialiserte bakterier vil fortsette nedbrytningen av organisk materiale under anaerobe forhold (uten tilgang på fritt oksygen). Under de anaerobe nedbrytningsprosesser dannes forråtnelsesgasser som ammoniakk, metan og hydrogenulfid som gjør miljøet giftig.

I elver, bekker og ellers nær utslipp av betydelige mengder organisk stoff vil det kunne vokse fram iøynefallende slimete begroings-samfunn av mikroorganismer. Slike begroingssamfunn vil kunne dekke bunnen over større områder.

Næringssalter eller gjødselstoffer

Planteorganismer som formerer seg og vokser trenger en rekke nærings-salter eller gjødselstoffer. Kildene er, foruten direkte utslipp av løste salter, organiske stoffer som frigjør næringssalter ved nedbrytning. Avløpsvann og utløp fra visse typer kjemisk industri, treforedlingsindustri og næringsmiddelindustri er ofte rikt på både løste næringssalter og organiske stoffer. Likeledes vaskes næringssalter ut fra jordbruksområder.

I overflaten, avhengig av gunstige temperatur- og lysforhold, vil næringssaltene kunne gi grunnlag for en intens vekst av organismer, først og fremst alger. Overproduksjonen av alger i overflatelaget blir betegnet som eutrofiering, og antas i dag å utgjøre den mest utbredte, om enn ikke den farligste forurensing av våre vassdrag og fjorder. Høy produksjon av planteplankton gir vannet en brun eller grønn farge med et grumset og uestetisk utseende. Næringssaltene i vannet vil også kunne medføre en øket vekst av fastsittende alger og høyerestående planter i strandsonen. Algeoppblomstring medfører produksjon av organisk stoff, som senere synker ned i dypere vannlag hvor det nedbrytes under forbruk av oksygen. På denne måten bidrar også utslipp av næringssalter til å øke faren for "døde" eller "råtne" vannmasser i dypet, særlig i områder med dårlig vannutskiftning.

Som eksempel nevnes at i indre Oslofjord kan den produserte mengde organisk stoff ved alger, som følge av tilførsler av næringssalter til overflatelaget, anslås til 5 - 10 ganger større enn den direkte tilførsel av organisk stoff i utslippene (NIVA 1967). De næringssalter som vanligvis har størst effekt i norske fjorder, er nitrogen- og fosforforbindelser.

2.2 Rensing og utslipp til resipient

Ved en algeoppblomstring forbrukes helt eller delvis de tilgjengelige fosfor- og nitrogenforbindelser i vannet. Det av disse to stoffene som først tar slutt, vil da være en begrensende faktor for algeveksten, forutsatt at veksten ikke begrenses av andre forhold. Kjemisk rensing tar i dag i første rekke sikte på å redusere fosformengdene fra avløpsvannet og om mulig å gjøre fosfor til en begrensende faktor for algeveksten. Samtidig reduseres konsentrasjonene av lett nedbrytbart organisk stoff med ca. 70%, og metaller og andre stoffer rives med i varierende grad.

Overflateutslipp av avløpsvannet er teknisk-økonomisk fordelaktig, men kan gi synlige forurensningseffekter i form av økt algevekst i overflatevannet. Spesielt gjelder dette nærsonen rundt utslippet. Virkningen blir mindre hvis strømforholdene er slik at avløpsvannet raskt transporteres ut av området, men synlige effekter i nærsonen kan vanligvis ikke helt unngås. På den annen side vil et overflateutslipp føre til en bedre overvåkning av forurensningseffekter fra det rensede avløpsvann.

Ved dyputslipp føres avløpsvannet ned på dypt vann. I de fleste fjorder ligger det i de øverste metrene et brakkvannslag, som er en blanding av ferskvann og sjøvann. Dette laget er lettere enn sjøvann på større dyp. Mellom disse lagene fins et sjikt hvor saltholdigheten og egenvekten avtar sterkt med minskende dyp (sprangsjiktet). Avløpsvannet som slippes ut vil blande seg med sjøvann, øke i tetthet og volum og stige opp mot overflaten til det når et nivå hvor tettheten (egenvekten) i resipienten blir mindre enn tettheten i det fortynnede avløpsvannet. Omkring dette nivået, som gjerne ligger i underkant av sprangsjiktet, blir avløpsvannet innlagret i et sjikt.

Ved dyputslipp kan man minske transporten av forurensninger til overflatelaget og dermed i stor grad hindre at næringssaltene kommer opp i den lysrike sonen hvor algeproduksjonen foregår. Virkningen blir best hvis en kan benytte seg av strømmen i dypere lag, som kan føre avløpsvannet ut av fjorden. Dyputslipp vil gi større fortynning enn et overflateutslipp.

Dypinnlagring må i de fleste tilfeller sees som et supplement til rensemetoder, og betyr vanligvis ikke at man kan senke renskravene ved utslipp i fjordområder.

3. FANNEFJORDEN SOM RESIPIENT

3.1 Topografi

I fig. 1 er vist et oversiktskart over fjordområdene ved Molde.

Fannefjorden er orientert i øst-vest retning. Terskeldypet ved Molde er ca. 30 m og største dyp i bassenget innenfor er ca. 75 m, fig. 2. Ved Bolsøysundet er et største dyp på ca. 35 m. Av figur 2 fremgår også at det er et mindre, avgrenset basseng like innenfor terskelen ved Molde. I vest går Fannefjorden over i Moldefjorden, men for enkelthets skyld vil en her kalle hele fjordområdet øst for Julsundet for Fannefjorden.

En del karakteristiske data for Fannefjorden er oppstilt i tabell 1.

Tabell 1. Karakteristiske data for Fannefjorden.

Lengde	ca. 33 km
Vannoverflate	" 26 km ²
Totalt vannvolum	" 600 mill. m ³
Volum over terskeldyp (35 m)	" 500 mill. m ³
Volum under terskeldyp (35 m)	" 100 mill. m ³
Terskeldyp ved Bolsøysund	" 35 m
Terskeldyp ved Molde by	" 30 m
Største dyp	" 75 m
Nedbørfelt (landareal)	" 367 km ²
Midlere ferskvannstilførsel	" 16,6 m ³ /s
Største "	" 24,1 m ³ /s
Minste "	" 1,4 m ³ /s
Midlere tidevannsvariasjon	" 125 cm

De angitte vannvolumene inneholder en betydelig usikkerhet, da de er beregnet ut fra kart i liten målestokk.

Til hele fjordområdet er det knyttet sterke friluftsjnteresser, og mer moderate fiskerinteresser.

3.2 Forurensningstilførsler

I NIVA (1973) er sammenstilt de da tilgjengelige opplysninger om befolkningsantall, industri, jordbruk og skogbruk i Fannefjordens nedbørsfelt. Man vil gå ut fra at forholdene siden den gang ikke er vesentlig endret. En del karakteristiske tall er gjengitt i tabell 2. Det offentlige avløpsnett ved Molde fører avløpsvannet ut i strandkanten 1 - 2 m under laveste vannstand.

Tabell 2. Antall innbyggere og arealutnyttelse i Fannefjordens nedbørsfelt (NIVA 1973).

Innbyggertall:	18 500 personer
Jordbruksareal:	13 700 da
Skogareal:	141 300 da
Myrareal:	22 500 da

Jordbruket blir i hovedsaken drevet som melke- og kjøttproduksjon. NIVA (1973) angir den årlige produksjon av silofôr til ca. 8000 tonn/år.

Av industriell virksomhet som i nedbørsfeltet kan bidra med forurensete utslipp av betydning, kan bl.a. nevnes: Slakteri, meieri, fiskematfabrikker, vaskerier og kjemisk renseri.

For øvrig finnes et stort antall mekaniske verksteder av forskjellig slag. Type og mengde av forurensende utslipp fra industrien har en ikke forsøkt å beregne, da dette ligger utenfor NIVAs oppdrag. Vi vil imidlertid bemerke at en kvantifisering av de forskjellige former for industrielle utslipp ville ha meget verdifullt grunnlag for vurderingen av effekten av de kommunale rensetiltak.

3.3 Vannutskiftning

Gjennom de undersøkelser NIVA i 1971-72 (NIVA 1973) gjennomførte i Fannefjorden, ble også vannmassenes lagdeling og vannutskiftningsforholdene undersøkt.

Målingene i juni 1971 viste en markert lagdeling i vannmassene i hele fjorden. I oktober 1971 og mai 1972 var lagdelingen betydelig svakere, og i februar 1972 var vannmassene nær homogene fra overflate til bunn i hele fjorden.

De vannutskiftningsmekanismer som vil være mest virksomme i Fannefjorden er:

1. Vindstrøm som oppstår ved vindens drag på overflatelaget. NIVAs rapport fra 1973 gir ingen holdepunkter for beregning av denne, men en må anta at den er av stor betydning for utskiftninger av fjordens overflatelag.
2. Tidevannsstrømmer som ved synkende vannstand vil transportere store vannmasser ut av fjordene. Noe av dette vannet vil bli ført innover i fjorden ved stigende vannstand.

Midlere tidevannsvariasjon i Fannefjorden er ca. 1,25 m. Dette gir et tidevannsvolum på ca. 30 millioner m³. Man har ikke tilstrekkelig datagrunnlag for å beregne den netto utskiftningsfaktoren for tidevannet. Imidlertid kan det være realistisk å anta en netto utskiftningsfaktor på 40% pr. døgn, som da gir at ca. 12 millioner m³ nytt vann blir brakt inn i fjorden pr. døgn ved tidevannsstrømmene. Dette tilsvarer at ca. 40 døgn medgår før hele vannmassen over terskeldyp er fornyet gjennom ren tidevannsutskiftning.

3. Det ferskvann som tilføres inne i fjorden, vil strømme ut fjorden samtidig som det blandes med det underliggende sjøvann. Sjøvannet som derved transporteres ut fjorden, vil bli erstattet ved en inngående strøm i fjordens dypere lag. Denne transporten har man ikke grunnlag for å beregne, da dette krever bedre kjennskap til vannmassens vertikale fordeling og strømforholdene enn man har i dag.

4. I blant vil det oppstå situasjoner der vannmassene utenfor fjorden har større egenvekt - tetthet - enn vannmassene i fjorden. Denne tetthetsforskjellen skaper trykkgradienter som driver strømmer rettet inn fjorden inntil trykkgradientene er fjernet. Herved kan store deler av en fjords dypvann bli fornyet.

De fire måleserier NIVA utførte i tidsrommet juni 1971 - mai 1972 indikerte at slike dypvannsfornyelser i Fannefjorden skjer 1-2 ganger pr. år. Det må imidlertid understrekes at dette anslaget er usikkert idet forholdene kan variere fra år til år.

3.4 Vannkvalitet

Hensikten med NIVAs undersøkelse i Fannefjorden i 1971-72 var å gi en generell beskrivelse av de hydrografiske forhold i fjordområdet samt gi en orientering om forurensningspåvirkninger som følge av tilførsler av avløpsvann. Foruten kartlegging av forurensningstilførsler, ble undersøkelsen basert på feltobservasjoner og kjemiske analyser av vannprøver. Resultatene viste at vannkvaliteten generelt sett var tilfredsstillende.

Ved denne resipientmessige vurderingen av Molde kommunes kloakkrammeplan ville det vært ønskelig med et mer omfattende datagrunnlag. En tenker da spesielt på en større hyppighet i innsamling av vannprøver, i alle fall en orienterende prøveserie for analyse av tungmetaller, og en undersøkelse av de biologiske forhold i fjordområdet med sikte på å spore forurensningsvirkninger. Målinger av vannmassenes vekstpotensial ville også ha gitt verdifull informasjon om kloakkvannsbelastningens betydning for planteplanktonproduksjonen i området.

Med det foreliggende materiale vil vi ta utgangspunkt i de funne konsentrasjonene av oksygen, ortofosfat og nitrat. I tabell 3 er vist variasjonsområdet for disse komponentene i fjorden under de fire toktene.

Tabell 3. Konsentrasjoner av oksygen, ortofosfat og nitritt+nitrat i Fannefjorden 1971-72.

Måned	Dyp i m Para- meter	0	4	8	12	20	30 - bunn
Juni 1971	Oksygenmetning (%)	100-118					88-100
	ORTP ($\mu\text{g P/l}$)	$\leq 2-5$					≤ 23
	NO ₃ ($\mu\text{g N/l}$)	≤ 10					≤ 120
Oktober 1971	Oksygenmetning (%)	≥ 80					
	ORTP ($\mu\text{g P/l}$)	2-8					≤ 19
	NO ₃ ($\mu\text{g N/l}$)	$< 10-20$					≤ 90
Februar 1972	Oksygenmetning (%)	≥ 70					
	ORTP ($\mu\text{g P/l}$)	8-15					≤ 20
	NO ₃ ($\mu\text{g N/l}$)	70-100					≤ 110
Mai 1972	Oksygenmetning (%)	100-115					90-100
	ORTP ($\mu\text{g P/l}$)	$< 2-5$					≤ 11
	NO ₃ ($\mu\text{g N/l}$)	≤ 10					≤ 80

I tabellen er angitt med vertikal strek de dyp hvor konsentrasjonene av ortofosfat og nitritt+nitrat gjennomgikk en markert økning.

Utenfor Molde by registrerte man en klar økning i konsentrasjonene av ortofosfat i overflatelaget, 0 - 4 m. Dette må en anta skyldes utslippene i dette området. Sjøvannet umiddelbart i nærheten av utløpene bar tydelig preg av forurensninger, likeledes ble det dannet ansamlinger av flyttestoffer langs de nærliggende strender.

I dypvannet i bassengene fant man en viss oppkonsentrering av fosfor- og nitrogenforbindelser mellom utskiftningene. Resultatene indikerte at planteproduksjonen i sommerhalvåret i det alt vesentlige forbrukte den tilgjengelige mengde næringssalter i overflatelaget.

Som en ville vente økte siktedypet fra innerst i Fannefjorden og utover mot Moldefjorden. For de forskjellige tokt ble målt:

Juni	1971	: ca. 8 - 10 m
Oktober	"	: ca. 4 - 13 m
Februar	1972	: ca. 16 - 20 m
Mai	"	: ca. 5 - 10 m

Generelt sett kan en regne med at fotosyntesen foregår ned til omkring det dobbelte av siktedypet, men avtagende med lysintensiteten. Dette passer bra med dypene hvor vannmassenes innhold av ortofosfat og nitrat + nitritt viste en markert økning under de enkelte tokt (tabell 3).

I planteplankton vil forholdet mellom nitrogenforbindelser og fosforforbindelser (på vektbasis) oftest være ca. 7:1. Forholdet mellom disse to næringsstoffene i vannmassen vil dermed gi en indikasjon på hvilket som eventuelt kan være en vekstbegrensende faktor.

Av nitrogenforbindelser utnytter alger spesielt nitrat og ammonium. Resultatene fra undersøkelsen i 1971-72 gir imidlertid bare opplysninger om konsentrasjonene av nitritt+nitrat. Av fosforforbindelene er ortofosfat den fraksjonen som vanligvis er lettest tilgjengelig for alger. Ved en beregning av vannmassenes N:P forhold på grunnlag av nitrat- og orto-

fosfatkonsentrasjonene risikerer en dermed å få for lave verdier. Vanligvis er det imidlertid vesentlig mer nitrat enn ammonium i overflatelaget, og beregningene som er gjennomført for 0-20 m dyp for de fire prøveseriene vil derfor likevel kunne gi indikasjoner på hvilke næringssalter som kan opptre i overskudd i vannmassene. Resultatene er presentert i tabell 4. Hvor konsentrasjonen av nitrat ligger under deteksjonsgrensen (10 µg N/l) er denne brukt i beregningen av N:P-forholdet. Den beregnede verdi står i kursiv og er da en maksimumsverdi.

Tabell 4. Forholdet mellom konsentrasjonen av nitritt+nitrat og ortofosfat i Fannefjordens overflatelag 1971-1972.

Måned	Dyp i m Stasjon	0	4	8	12	20
Juni 1971	M1	-	1.5	3.3	3.3	2
	M2	5	5	2.5	2.5	2.5
	M3	-	3.3	0.8	3.3	2
	M4	2	-	5	5	2.5
	M5	-	-	3.3	3.3	2.5
	M6	-	2.5	3.3	3.3	2
	M7	5	-	-	3.3	2
Oktober 1971	M1	3.3	4	3	3	3
	M2	3.3	5	2.5	4	3
	M3	3.3	3.3	2.5	2.5	6
	M4	1.2	2.5	2.5	2	1.7
	M5	1.4	1.6	2	2.5	3.3
	M6				3.3	
	M7	2.5	2.5	2.5	2.5	2
Februar 1972	M1	10	11	9	12.5	10
	M2	10	9	9	10	9
	M3	9	7.8	7.8	8.8	8.8
	M4	8	8	7.3	8	9
	M5	8.2	7.3	6.7	7.3	8
	M6	8.2	8.2	8.2	8.2	7.5
	M7	7.5	6.9	6	8.2	8.2
Mai 1972	M1	-	-	-	-	3.3
	M2	-	-	3.3	-	4
	M3	5	-	-	2.5	3.3
	M4	1.4	5	2	1.1	2.5
	M5	-	-	3.3	5	2.5
	M6	-	-	-	-	2
	M7	-	-	-	-	0.5

- = Konsentrasjonene av både ortofosfat og nitrat ligger under deteksjonsgrensen.

I juni 1971 var der jevnt over en liten rest av ortofosfat igjen i vannmassene mens nitritt+nitrat synes å være oppbrukt. N:P-forholdene tyder på at tilgjengelig nitrogen ved dette tidspunkt kunne være en begrensende faktor for planktonproduksjonen.

I oktober 1971 var konsentrasjonene klart høyere enn i juni. Dette kan skyldes at dårligere lysforhold og lavere temperatur i vannmassene holdt planktonbestanden nede. Men de lave N:P-forholdene antyder at tilgjengelig nitrogen forekommer i underskudd relativt til ortofosfat over hele fjordområdet.

For februar 1972 var bildet derimot en del forandret. Konsentrasjonene av nitritt+nitrat og ortofosfat var langt høyere enn under de foregående tokt, noe som overensstemmer med en minimal planktonbestand og god vertikal omblending av vannmassene. N:P-forholdene adskiller seg fra tidligere tokt ved at 26 av 35 verdier er større eller lik 8. Dette tyder på et svakt overskudd av nitrogen. At N:P-forholdet avtok innover i Fannefjorden kan skyldes tilførsel av kommunal kloakk som vanligvis har et betydelig overskudd av fosfor relativt til nitrogen (N:P-forhold ca. 5:1).

Med unntak av stasjonene M3 og M4 like utenfor Molde, lå i mai 1972 konsentrasjonene av både ortofosfat og nitritt+nitrat i hovedsaken under deteksjonsgrensen. De høyere konsentrasjonene av ortofosfat utenfor Molde kan skyldes kloakkutslipp. Dette var trolig et tidspunkt med relativ stor planktonbestand i fjorden, og resultatene tyder at så godt som alt tilgjengelig fosfor og nitrogen ble forbrukt. Utenfor Molde og i 12-20 m dyp antyder resultatene en viss nitrogenbegrensning i planktonbestanden.

De ovennevnte N:P-forhold tyder på at nitrogen stort sett opptrer i underskudd relativt til fosfor under planktonproduksjonen i sommerhalvåret. Konsentrasjonene for begge plantenæringsstoffers vedkommende var imidlertid for denne årstiden meget lave.

Av tabell 3 fremgår også at oksygenkonsentrasjonene i vannmassene lå jevnt over høyere enn 90 % metning. Under februartoktet i 1972 ble det imidlertid påvist under 80 % oksygenmetning i en rekke måledyp på stasjonene utenfor Molde by, med 70 % metning (4.7 ml O₂/l) som det laveste.

Oksygenkonsentrasjoner under ca. 4 ml O₂/l må karakteriseres som dårlige, og tatt i betraktning at de fire måleseriene ble tatt med ca. 3 måneders mellomrom over ett år, er det lite sannsynlig at 4,7 ml O₂/l representerer et minimum.

Det er imidlertid uvisse i hvilken grad disse relativt lave oksygenkonsentrasjonene var resultat av forurensninger tilført Fannefjorden. De kan også delvis skyldes innstrømming av oksygenfattige vannmasser fra områdene vest for Molde-/Fannefjorden.

3.5 Resipientmessig vurdering av Molde kommunes kloakkrammeplan

Av foregående kapittel fremgår at NIVAs undersøkelse av Fannefjorden i 1971-72 (NIVA 1973) viste at:

1. Vannkvaliteten i fjorden generelt sett var tilfredsstillende.
2. Nitrogen synes å kunne opptre som en begrensende faktor for planktonproduksjonen i sommerhalvåret.
3. Selv om oksygenforholdene i vannmassene jevnt over var tilfredsstillende, kan en ikke se bort fra at oksygenkonsentrasjonene i dypvannet utenfor Molde by periodevis blir så lave at forholdene må karakteriseres som dårlige. Det er imidlertid uklart i hvilken grad dette skyldes lokalt tilførte forurensninger.
4. I nærheten rundt utslippene bar vannmassene og strendene preg av forurensninger.

I følge opplysninger fra Molde kommune må en anta at utslippene av forurensninger til Fannefjorden ikke har økt vesentlig siden 1973. Dermed er det rimelig å anta at de ovennevnte forhold i hovedtrekkene også gjelder dagens situasjon.

Ut fra en resipientmessig vurdering er det da tre forhold som bør legges til grunn ved bygging av renseanlegg langs Fannefjorden:

1. Man bør så langt som mulig unngå skjæmmende effekter i nærsonen rundt utslippene.
2. Belastningen på fjorden som helhet bør avta, og den må ikke øke spesielt utsatte partier av fjorden.
3. Rensetiltakene bør tilsikte å tilveiebringe en beredskap med henblikk på å få kontroll med den fremtidige utvikling.

Punkt 1 innebærer at det ved alle anlegg bør utføres en viss forbehandling av avløpsvannet, hvorved grove forurensninger som filler, kvister, papir o.l. fjernes.

Avløpsvannet bør føres ut på dypt vann, langt fra strandsonen. Ettersom fotosyntesesonen går så dypt - jevnt over 15-25 m - vil en neppe unngå at avløpsvannet innblandes i denne. Imidlertid vil et dyputslipp bidra til en god primærfortynning av avløpsvannet, samtidig som en vil vente at det i hovedsaken blir holdt i den nedre del av fotosyntesesonen hvor planktonproduksjonen er mindre enn ved overflaten og også mindre merkbar.

En har ikke datagrunnlag for noenlunde nøyaktig å kunne beregne den reduksjonen i vannmassenes fosforinnhold kjemisk rensing av det kommunale avløpsvannet vil kunne gi. Men en vil likevel stille opp et enkelt fosforbudsjett som kan gi en viss oppfatning av reduksjonen av fosforkonsentrasjonene.

Volumet av vannmassen fra 0-20 m dyp kan anslås til ca. $350 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, jfr. tabell 1. Som det fremgår av kap. 3.3 har en ikke datagrunnlag for å beregne utskiftningsfrekvensen for denne vannmassen. Et noenlunde realistisk anslag kan imidlertid være en fornyelsestid på 20 døgn. Dette tilsvarer en utskiftning på ca. $18 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{døgn}$.

Som nevnt innledningsvis vil det kommunale avløpsvann i urensert tilstand tilsvare en belastning på ca. 29 000 p.e. Man regner vanligvis med at 1 p.e. tilsvarer ca. 3 g P/døgn som total fosfor. De kommunale utslipp bidrar da med ca. 90 kg P/døgn. Tilførslen av fosfor til Fannefjorden fra jordbruksvirksomhet, avrenning fra skog og udyrket mark er ikke beregnet, men kan høyt anslås til 10 kg P/døgn. Totalt blir dette 100 P/døgn som tilførsel til Fannefjorden. I tillegg kommer den delen av industriens utslipp som ikke er tilkoblet det kommunale avløpssystem.

Den midlere konsentrasjonen av totalfosfor i Fannefjorden og kystvannet vil vi kalle henholdsvis P_f og P_k . Antas mengden total fosfor i Fannefjorden å være konstant over et gitt tidsrom, kan en sette opp følgende fosforbudsjett:

$$V_u \cdot P_f + S = T_p + V_i \cdot P_k \quad (1)$$

der V_u = Volumtransporten av vann ut av fjorden

V_i = " " " " inn i fjorden

S = Netto tilførsel av fosfor fra fjordens dypvann

T_p = Fosfortilførsel fra land

Her kan vi sette $V_i = V_u = V$

I S inngår både sedimentering av fosfor og vertikal transport ved vannbevegelser. Dette kan være av stor betydning, men da en ikke har grunnlag for å beregne størrelsen av S utelates den i de videre beregninger.

Dermed får vi:

$$T_p = V (P_f - P_k) = V \cdot \Delta P \quad (2)$$
$$\Delta P = \frac{T_p}{V}$$

Alternativ 1

Innsatte verdier for T_p (urenset kommunalt kloakkvann) og V gir da $\Delta P = 5 \mu\text{g P/l}$

Alternativ 2

Forutsettes mekanisk/kjemisk rensing bare ved rensenanlegg RA-2 (17 000 p.e.) og mekanisk rensing på de andre anleggene, blir $T_p = 55 \text{ kg P/døgn}$. Dette gir

$$\underline{\Delta P = 3 \mu\text{g P/l}}$$

Alternativ 3

Forutsettes nå mekanisk/kjemisk rensing av all kommunal kloakk med 80% fjerning av fosforet, gir det

$T_p = 30 \text{ kg P/døgn}$. Man får da

$$\underline{\Delta P = 2 \mu\text{g P/l}}$$

Vi ser at det er relativt stor forskjell mellom alternativene 1 og 2, mens det er langt mindre som skiller mellom alternativene 2 og 3.

Antas 40 døgn som oppholdstid for vannmassene i 0-20 m dyp i Fannefjorden, mot 20 døgn ovenfor, halveres V og størrelsen av ΔP dobles ifølge lign. 2. Forholdet mellom alternativene 1-3 blir imidlertid uendret.

Med de gitte forbehold om ukjent størrelse av fosforutslipp fra industri og vertikal transport av fosfor opp fra dypvannet, indikerer altså disse enkle overslagsberegningene at mekanisk/kjemisk rensing ved alle renseanleggene eller bare ved RA-2 kan gi en markert reduksjon i konsentrasjonene av total fosfor (og ortofosfat) i fjorden. Materialet gir imidlertid ikke grunnlag for å avgjøre om ortofosfat derved vil opptre som begrensende faktor for planktonproduksjonen til visse tider av året. De industrielle utslipp av fosfor vil bidra til å minske virkningen på fjorden av de kommunale rensetiltak.

Antallet av renseanlegg og lokaliseringen av disse er ennå ikke helt fastlagt, men for den foreliggende kloakkrammeplan innebærer den foregående diskusjon at mekanisk rensing neppe er tilstrekkelig for renseanlegg RA-2 (17 000 p.e.). Med mindre avløpsvannets innhold av plantenæringsalter og nedbrytbart organisk stoff reduseres betydelig, vil en risikere at dypvannet i bassenget utenfor Molde by periodevis overbelastes med organisk stoff som følge av planktonproduksjonen og direkte utslipp, med dårlige oksygenforhold som resultat. Kjemisk rensing av avløpsvannet ved RA-2 innebærer en mulighet for at de reduserte fosforutslipp til tider kan gjøre ortofosfat til en begrensende faktor for planteplanktonproduksjonen i fjordene. Avløpsvannet bør føres ut på dypt vann (30-50 m).

Renseanlegg RA-1 (8 700 p.e.) er tenkt lagt vest for Molde by til et område hvor fjordens bunndyp begynner å øke fra ca. 30 m til ca. 150 m i Julsundet. I dette området er store vannvolum disponible til fortykning av avløpsvannet, samtidig som en må anta at vannutskiftningen er god pga. vindstrøm, tidevannsstrømmer og nær kontakt med kystvannet gjennom bl.a. Julsundet.

På grunn av forholdsvis liten ferskvannstilførsel er den vertikale lagdeling, og dermed stabiliteten av vannmassene i fjorden til tider meget

svak. Dette øker muligheten for at avløpsvannet selv ved dyputslipp kan nå overflaten, riktignok sterkt fortynnet. For å unngå at dette vil gi merkbare virkninger på overflaten (olje, fett, o.l.) bør avløpsvannet ved RA-1 gjennomgå mekanisk rensing før utslipp hvorved flytestoffer og sedimenterbart materiale fjernes. Avløpsvannet bør føres ut på dypt vann (30-50 m).

Det er tvilsomt at ytterligere rensing (kjemisk) av avløpsvannet vil gi merkbar forbedring av vannkvaliteten i området, men en bør likevel ha for øye at dette kan vise seg å bli nødvendig når belastningen på renseanlegget øker. Det bør følgelig avsettes tomtearealer til dette.

Renseanleggene RA-3 (2-3 000 p.e.) og RA-4 (600 p.e.) er relativt små, og det er liten grunn til å tro at kjemisk rensing ved disse anleggene vil gi merkbar forbedring av vannkvaliteten i Fannefjorden. Som for RA-1 bør man imidlertid ta sikte på dyputslipp fra disse anleggene etter fjerning av flytestoffer. Ved bygging av RA-3 bør en dessuten ta hensyn til at mekanisk/kjemisk rensing i fremtiden kan bli aktuelt, og avsette plass til dette.

4. AVLØPS- OG RENSSETEKNISKE VURDERINGER

4.1 Generelt

På grunnlag av opplysninger som fremkommer i NIVAs rapport 0-31/71 "Resipientvurderinger for Molde kommune", er ca. 82% av befolkningen i Fannefjordens nedbørsfelt bosatt i området Molde by. Hvis man samtidig adderer forurensningsproduksjonen fra erverv og industri til forurensningstilførselen fra befolkningen, vil forurensningstilførslene til Fannefjorden fra Molde by utgjøre en enda større andel. Forurensningstilførsler fra skog og jordbruk vil også være av betydning. Resipientvurderingene av Fannefjorden viser imidlertid at fjorden bar preg av å være lite påvirket av forurensninger bortsett fra lokale forurensningseffekter i nærheten av utslipp i strandsonen.

Det er dessuten klart at et av de hovedformålene ved de renseanlegg som planlegges i Molde kommune, bør vel være å forhindre lokale forurensningseffekter i nærheten av utslipp i strandsonene. Oppsamlingssystemet for avløpsvann vil derfor inngå som en viktig del av rensetiltakene.

På grunnlag av disse vurderinger vil en trekke opp følgende retningslinjer for det videre arbeid:

1. Avløpsområdene for Molde by ses på separat som ett rensedistrikt. En teknisk-økonomisk analyse for dette området vil bringe klarhet i om man her bør anlegge 1, 2 eller 3 renseanlegg.
2. De øvrige tettstedene rundt Fannefjorden vurderes for desentraliserte rensetiltak. Lengre overføringer i disse områdene vil neppe være økonomisk realistisk. Utslippspunktene fra disse tettstedene anlegges i nær tilknytning til renseanleggene.

Siden det er de avløpstekniske vurderinger vedrørende punkt 1 som vil være problematiske, vil en i det videre arbeid konsentrere seg om dette avløpsområdet.

4.2 Vurdering av avløpsplaner for Molde byområde

4.2.1 Spesielle naturgitte forhold som innvirker på avløpsplanleggingen

Molde by har forholdsvis lite areal og mange høytliggende villa-eiendommer. Byen har en konsentrert bykjerne, som er lokalisert lavt og nær stransonen og som danner en bukt i dette området. De praktiske konsekvenser av dette i denne sammenheng er at tyngdepunktet i avløpsvannmengdene vil ligge i sentrum av byen og er lokalisert lavt. Dette betyr igjen at en utstrakt grad av pumping er påkrevd hvis avløpsvannet skal transporteres til renseanlegg i byens utkant. Transportøkonomisk sett burde derfor renseanlegget lokaliseres i sentrum av byen, om dette var mulig ut fra andre vurderinger.

Byen er langstrakt, og terrenget skråner sterkt ned mot sjøen. Det forekommer få markerte bekkedrag. Dette har ført til at mange av de eldre avløpsledningene er anlagt tilnærmet vinkelrett på strandområdet. Dette krever at det må anlegges et avskjærende oppsamlingssystem i strandområdet for å kunne transportere avløpsvannmengdene frem til sentrale renseanlegg. Slike ledningsanlegg kan kreve store investeringer og kan få lav driftssikkerhet på grunn av mange pumpestasjoner.

Byområdets topografiske utseende og karakter kan også innvirke på den type oppsamlingssystem som bør anvendes. I de mer åpne villastrøkene kan det være riktig å anvende separatsystem, med størst mulig grad av åpen transport av overflatevann. I de mer sentrale byområder kan det muligens være riktig å basere seg på fellessystem med anleggelse av fordrøyningsmagasin for å utjevne regnvannsføringen.

Molde by grenser inn til Fannefjorden på en slik måte at byens ytre del grenser til større fjorddyp. En mindre terskel i fjorden er slik lokalisert at ca. 2/3 av byen ligger innenfor denne.

4.2.2 Avløpsalternativ for Molde by

Det fremgår av Molde kommunes kloakkrammeplan at man foreløpig tar sikte på anleggelse av to renseanlegg (RA-1 og RA-2, henholdsvis vest og øst) for Molde by. Renseanleggene bygges, så vidt vi har forstått, av hensyn til nyere boligfelt som er under planlegging.

Følgende alternativer kan være aktuelle for Molde by:

- Alt. 1. Anleggelse av to renseanlegg, RA-1 og RA-2 med 9 pumpestasjoner og avskjærende ledning for byens sentrum i overensstemmelse med kommunens kloakkrammeplan.
- Alt. 2. Anleggelse av tre renseanlegg, RA-1 og RA-2 samt et sentralt renseanlegg i nærheten av byens sentrum.
- Alt. 3. Anleggelse av ett renseanlegg i nærheten av byens sentrum.

Valg av alternativ må gjøres på grunnlag av en teknisk-økonomisk analyse. Det understrekes imidlertid at det er svært viktig at man sitter inne med et solid bakgrunnsmateriale før en slik vurdering foretas.

Dessuten bør spesielle forutsetninger avklares, fordi forhold som avskjærende tumeller, felles rensing av avløpsvann fra industri og husholdning griper sterkt inn i konklusjonen i en slik teknisk-økonomisk analyse.

Følgende forhold må avklares:

1. Foreligger det tomtemuligheter for anleggelse av et sentralt anlegg i nærheten av byens sentrum?
2. Er det mulig å anlegg en sentral oppsamlingsstunnel under byens sentrum for å unngå de mange pumpestasjoner? En slik tunnel kan også anvendes som fordrøyningsmagasin.

Det bør også vurderes om et sentralt renseanlegg kan legges i tilknytning til en slik tunnel.

4.2.3 Innsamling av grunnlagsmateriale

Innsamling, systematisering og oppstilling av grunnlagsmateriale før den teknisk-økonomiske analyse stilles opp, kan i stor grad avklare flere prinsipielle spørsmål. Man kan lettere foreslå realistiske alternativer for avløpsplanene i området, og man forhindrer å avvise avløpsalternativer som kunne være bedre egnet om slike grunnlagsdata forelå før analysen ble utført.

Første trinn i utredningsarbeidet kan bestå i at det innsamles grunnlagsdata i egen rapport. Dette er arbeid som kommunene selv i stor grad kan utføre, eventuelt med bistand fra konsulent.

En slik rapport om grunnlagsdata bør inneholde følgende opplysninger:

1. Rensedistrikt/Planområde

- a) Hele det geografiske området som skal inngå i analysen (rensedistrikt), defineres og inntegnes på hensiktsmessig kartgrunnlag. Dette området skal omfatte de områder som fremtidig påregnes utbygd med avløpsledninger.
- b) Det totale rensedistrikt inndeles videre i hovedområder som angir naturlig nedslagsfelt.
- c) Disse områdene deles opp i hensiktsmessige avløpssoner som hver for seg kan tenkes å danne rensedistrikt for de minste renseanlegg som planlegges å inngå i den teknisk-økonomiske analyse.

2. Avløpssystem

- a) Oversikt over områder med eksisterende kombinertsystem og separatsystem.
- b) Oversikt over eksisterende hovedledninger og overløp.

- c) Oversikt over eksisterende pumpestasjoner.
- d) Oversikt over eksisterende renseanlegg.

3. Befolkningensmengde og avløpsvannmengde

- a) Bosatt befolkning 1976 og prognoser fordeles for hver avløpssone. Eventuelt utarbeidelse av prikk-kart.
- b) Registrering av industri og erverv av spesiell karakter. Mengde og sammensetning av spillvann som går inn på det kommunale avløpsnett.
- c) Registrering av vannforbruk og spesifikk spillvannsavrenning inklusive prognoser.
- d) Beregning av avløpsvannmengde fra hver avløpssone for 1976 og prognoser.
- d) Beregning eller måling av industriavløpsvannmengde fra hver avløpssone for 1976 og prognoser.

4. Avløpsvannets sammensetning

Fysisk/kjemisk forhold, variasjoner over døgnet

BOF konsentrasjon og mengde

KOF " " "

S.S " " "

Fosfor " " "

Nitrogen " " "

pH

Spesielle industriforurensninger

Beregning av den totale forurensningsmengde 1976 og prognoser.

5. Prinsipielle tekniske vurderinger

- a) Separat eller kombinert behandling av industriavløpsvann og kommunalt avløpsvann. Transportmetoder, resipientbetragtninger, geologiske vurderinger.
- b) Registrering av hensiktsmessige områder for plassering av større eller mindre renseanlegg. Både miljømessige, reguleringsmessige og resipientmessige bedømmelser.

- c) Presentasjon av kostnadstall og kurver som søkes benyttet ved den teknisk-økonomiske analysen.
- d) Aktuelle renseprinsipper og krav til vannbehandling og prinsipper for slambehandling ved renseanleggene.

Når kjennskap om grunnlagsmaterialet foreligger, kan forutsetningene og mulighetene for ulike avløpsalternativer lettere utarbeides. Særlig vil innsamlet data om avløpsvannmengder for boliger og industri gi verdifull informasjon for å avklare om industrivann bør renses separat eller kombinert med kommunalt avløpsvann. Spørsmål om transportmetoder for industriavløpsvann etc. kan også avklares før den teknisk-økonomiske analyse utføres.

En del av disse opplysningene er allerede utarbeidet og presentert i NIVAs rapport O-31/71 "Resipientvurderinger for Molde kommune".

4.2.4 Renseprosesser

Av de konvensjonelle renseprosesser kan man nevne følgende:

1. Forbehandling
2. Mekanisk rensing (forsedimentering)
3. Biologisk rensing
4. Kjemisk rensing.

Forbehandling av avløpsvannet bør foretas ved alle renseanlegg og består i at det anlegges rist, vannmåler og sandfang, eventuelt sil. Slike tiltak vil fjerne de grove forurensningene som filler, papir, kaffe-grut etc.

Av kap. 4 fremgår at oksygenforholdene i Fannefjorden ikke er så dårlige at en av den grunn vil anbefale biologisk rensing, da mekanisk/kjemisk rensing i tillegg til å redusere fosforinnholdet med 80-90% også reduserer avløpsvannets innhold av organisk stoff med ca. 70%.

Hvilke typer av renseprosesser som bør anvendes ved de forskjellige anleggene, avhenger av resipient, kostnader, anleggets størrelse og slamanvendelse, og kan vurderes når utbyggingsalternativene er klarlagt.

Forbehandling må i alle fall anses som et første trinn, og det er svært viktig at man bringer klarhet i renseanleggenes lokalisering, for derved kan man skaffe seg opplysninger om de avløpsvannmengder som kommer frem til renseanlegget.

5. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

1. Resultatene av NIVAs undersøkelse av Fannefjorden og Moldefjorden i 1971-72 viste at fjordområdene som helhet syntes å være relativt lite forurensningspreget. Vannmassene og strandsonen umiddelbart i nærhet av større utslipp bar imidlertid tydelig preg av forurensninger.

De hydrokjemiske målingene tydet på at både nitrogen- og fosforforbindelser kunne bli oppbrukt av planteplankton i sommerhalvåret. Med hensyn til hvilke næringssalter som virket begrensende for planteplanktonproduksjon, var forholdene noe vekslende. I sommerhalvåret var det indikasjoner på underskudd av nitrogen i forhold til fosfor, mens det i vinterhalvåret kunne være et svakt nitrogenoverskudd.

I dypbassenget utenfor Molde by ble det under ett tokt påvist lave oksygenkonsentrasjoner. Man kan ikke se bort fra at det i dette bassenget periodevis forekommer relativt dårlige oksygenforhold. Det er imidlertid uvisst i hvilken grad dette skyldes lokalt tilførte forurensninger.

2. Det er hensiktsmessig å se på avløpsområdene for Molde by som ett rensedistrikt. En teknisk-økonomisk analyse for dette området vil bringe klarhet i om man bør anlegge 1, 2 eller 3 renseanlegg for dette området.
3. De øvrige tettstedene rundt Fannefjorden vurderes for desentraliserte rensetiltak. Lengre overføringer i disse områdene vil neppe være økonomisk realistisk. Utslippspunktene fra disse tettstedene anlegges i nær tilknytning til renseanleggene.

4. Følgende alternativer kan være aktuelle for Molde by:

Alt. A Anleggelse av to renseanlegg, RA-1 og RA-2 med 9 pumpestasjoner og avskjærende ledning for byens sentrum i overensstemmelse med kommunenes kloakkrammeplan.

Alt. B Anleggelse av tre renseanlegg, RA-1 og RA-2 samt et sentralt renseanlegg i nærheten av byens sentrum.

Alt. C Anleggelse av ett renseanlegg i nærheten av byens sentrum.

5. De rensemetoder som er aktuelle for Molde kommune, er følgende:

A. Forbehandling

B. Mekanisk rensing (forsedimentering)

C. Kjemisk rensing

Forbehandling og mekanisk rensing bør sees på som et minimumskrav, siden disse rensetrinnene fjerner de grove forurensninger som ekskrementer, filler, papir, kaffegrut etc., dessuten annet sedimenterbart materiale og flytestoffer som gir skjemmende effekter i nærsonen.

6. Effekten på fjordens planteplanktonproduksjon ved kjemisk rensing av det kommunale avløpsvann kan vanskelig vurderes ut fra det foreliggende datamateriale. Overslagsberegninger antyder likevel muligheten for at ortofosfat tidvis vil kunne opptre som en begrensende faktor for planteplanktonproduksjonen etter mekanisk/kjemisk rensing av det kommunale avløpsvannet.

Mekanisk/kjemisk rensing kan vesentlig redusere sjansene for dårlige oksygenforhold i bassenget utenfor Molde by.

Kommunal kloakk vil dessuten ofte inneholde industrielt avløpsvann samtidig som vanlige husholdninger har et økende forbruk av kjemikalier. Tatt i betraktning dagens mangelfulle kunnskaper om virkningene av kloakkvannsbelastning på marine resipienter, vil mekanisk/kjemisk rensing kunne gi en ønsket sikkerhetsmargin.

På denne bakgrunn vil NIVA anbefale at RA-2 bygges ut med mekanisk/kjemisk rensing og med dyputslipp av avløpsvannet.

Ved RA-1 skulle resipientforholdene tilsi at mekanisk rensing av avløpsvannet og dyputslipp i første omgang vil være tilfredsstillende, men at det avsettes plass for en eventuell senere utbygging til mekanisk/kjemisk rensing.

Fra RA-3 og RA-4 anbefales likeledes fjerning av flytестoffer og dyputslipp av avløpsvannet, og for RA-3 tas hensyn til at mekanisk/kjemisk rensing i fremtiden kan bli aktuelt.

7. Ved en prioritering av de planlagte anleggene vil vi sette utbygging av RA-2 først. Det er likeledes viktig å få samlet de øvrige utslippene og føre dem ut på dypt vann bort fra strandsonen.

REFERANSER

NIVA, 1967:

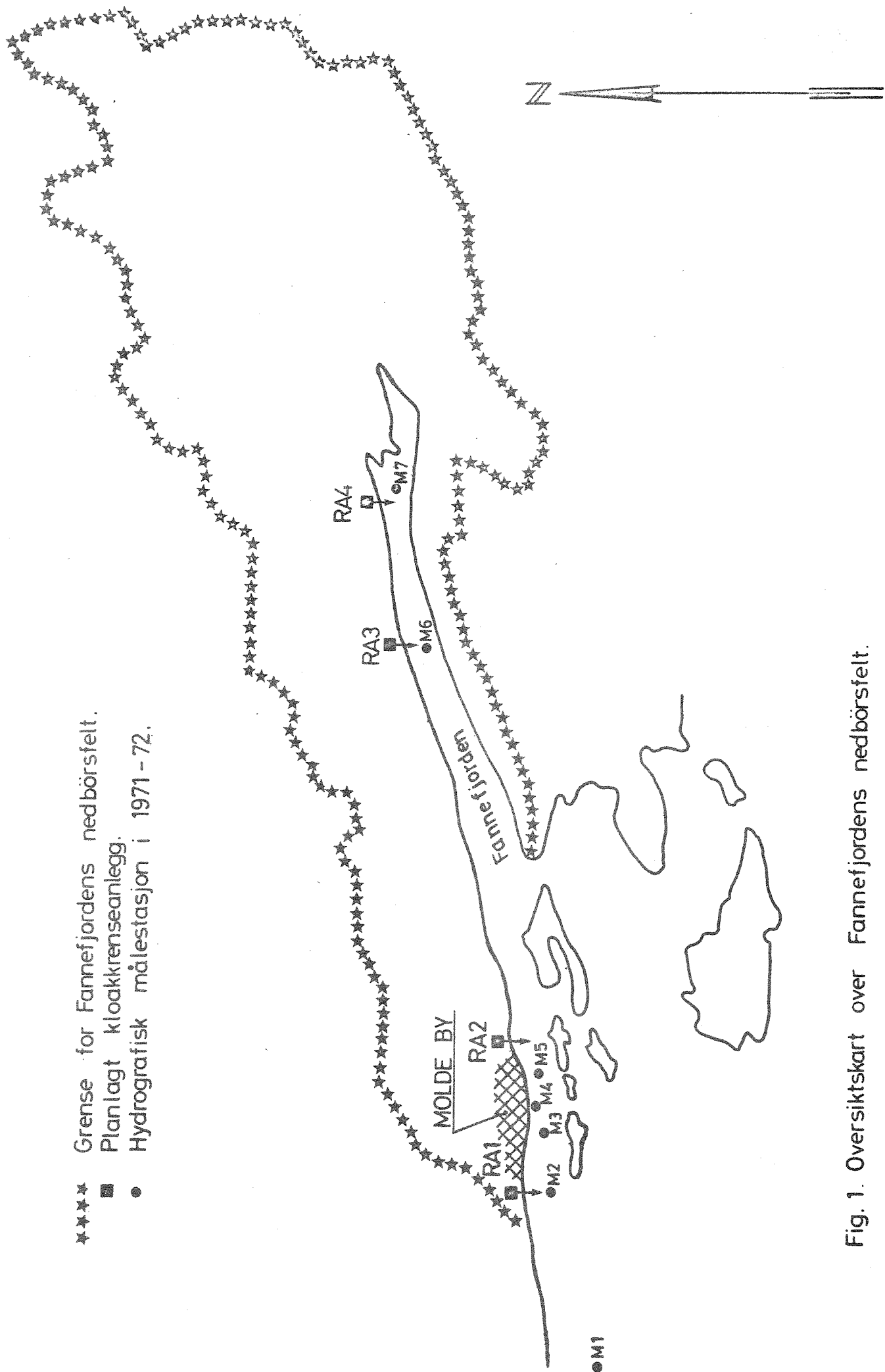
0-201 - Oslofjorden og dens forurensningsproblemer 1. Undersøkelsen 1962-1965. Delrapport nr. 10. En eksperimentell undersøkelse av fjordvannets gjødslingspåvirkning og den resulterende algevekst. 78 pp. (saksbehandlere: J. Kotai og O.M. Skulberg).

NIVA 1973:

0-31/71 Resipientvirkninger for Molde kommune. (Saksbehandlere: P. Liseth, S. Kolstad og E. Ravdal).
52 s. + appendix I-II. 28.2.1973

MOL/UHI

9.11.1976



- *** Grense for Fannefjordens nedbørsfelt.
- Planlagt kloakkrenseanlegg.
- Hydrografisk målestasjon i 1971-72.

Fig. 1. Oversiktskart over Fannefjordens nedbørsfelt.

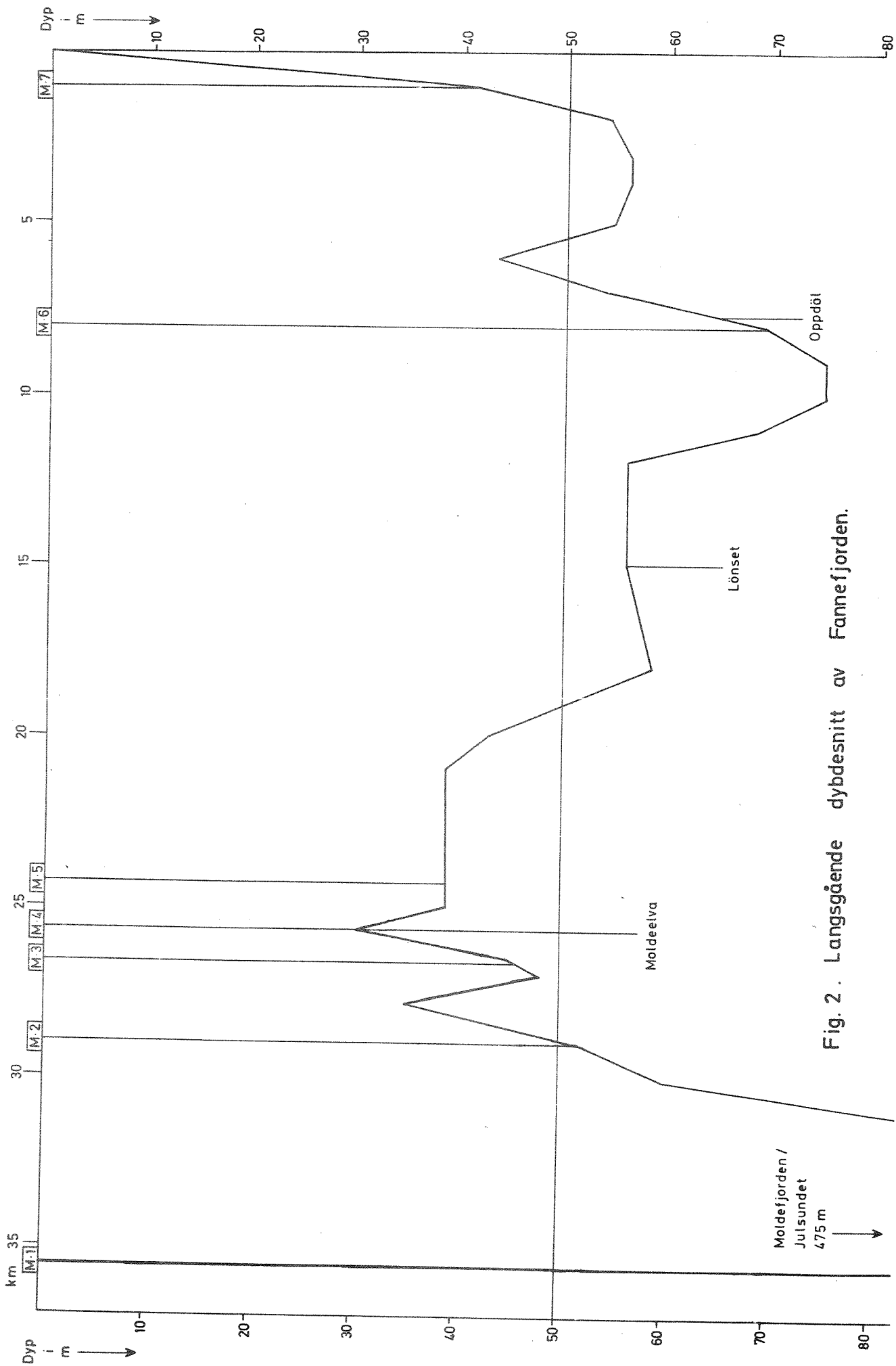


Fig. 2. Langsgående dybdesnitt av Fannefjorden.