

# Kostnads/effektivitetsanalyse av tiltak mot forurensninger i Gandsfjorden

Av Kjell Øren, Jarle Molvær og Oddvar Lindholm

Alle forfatterne var ansatt som forskningsledere ved NIVA da arbeidet ble utført.

## SAMMENDRAG

Gandsfjorden i Rogaland er benyttet som eksempel i en kostnads/effektivitetsanalyse av tiltak for forurensninger.

Det gis oversikt over forurensningstilførsler, forurensningstilstand og -tilstandens innvirkning på brukerinteressene.

Tre ulike alternativer for forbedring av forurensningstilstanden drøftes: Alt. 0 uten rensing, men med dyputslipp ved Forus, alt. 1 med primærfelling og dyputslipp ved Forus, og alt. 2 med overføring av avløpsvannet til primærfellingsanlegg ved Byfjorden.

Alt. 0 gir ikke tilfredsstillende vannkvalitet, mens både alt. 1 og alt. 2 gir vesentlig bedring av Gandsfjordens forurensningstilstand. Alt. 1 gir raskest bedring av vannkvaliteten i Gandsfjorden, men er, regnet i nåverdi, 8,4 mill. kr. dyrere enn alt. 2.

## INNLEDNING

Analysen er utført for Miljøverndepartementet. Artikkelen gir et sammendrag av NIVA's prosjektrapport (1). Det henvises til rapporten for ytterligere detaljer og referanser utover det artikkelen gir.

## OMRÅDEBESKRIVELSE

Med Gandsfjorden mener vi fjordområdet fra Sandnes i sør til Lihalsen i nord, se figur 1. Fjorden har et største dyp på ca. 245 m. Den har ingen egne terskler, men lenger ute i fjordsystemet finnes en terskel på ca. 100 m dyp.

## FORURENSNINGSTILFØRSLER

*Tilførsler av fosfor, nitrogen og organisk stoff i 1983.*

I figur 2 er tilførslene framstilt som akkumulerte verdier i fjordens lengderetning. Fra figuren kan avleses direkte hvor store tilførsler som kommer i området fra Sandnes havn og ut til en gitt avgrensning i øst-vest-retning i fjorden.

*Punktkildene* består vesentlig i kommunalt avløp. Ved Sandnes havn er det urensset overflateutslipp av avløpsvann fra 19000 personekvivalenter, og videre utover fjorden er det ytterligere 23 utslipp av kommunalt avløpsvann.

Tilførslene fra industrien utgjør for h.h.v. fosfor, nitrogen og organisk stoff 5, 6 og 12% av dagens kommunale utslipp.



Figur 1. Gandsfjordens avgrensning, med stasjonsnett for vannkvalitetsovervåking.

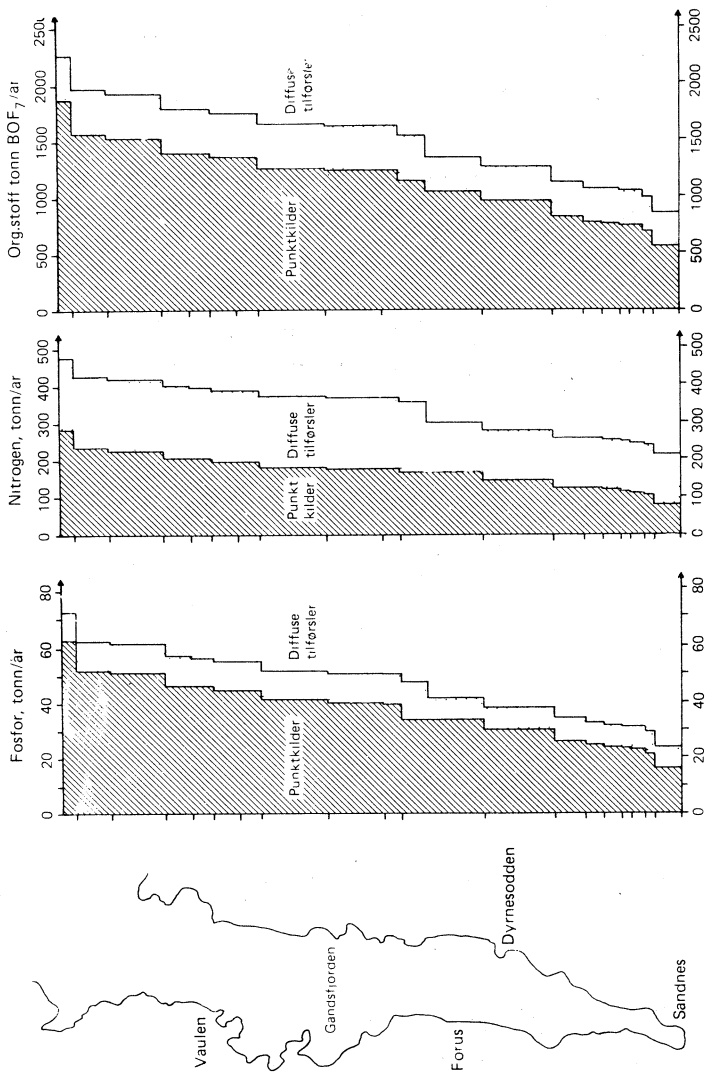
Diffuse tilførsler angir bidraget fra jordbruk, utmarksområder, nedbør og urban overflateavrenning. Bidraget fra jordbruket dominerer de diffuse tilførslene. Kun for nitrogenforbindelser er de diffuse tilførslene av vesentlig størrelse. I indre fjordområde utgjør de diffuse kildene h.h.v. 18, 45 og 22% av totaltilførslene av fosfor, nitrogen og organisk stoff.

Tilførslene til indre fjordområde er også fordelt over året, fig. 3. Mesteparten av tilførselen av ortofosfat og ammonium

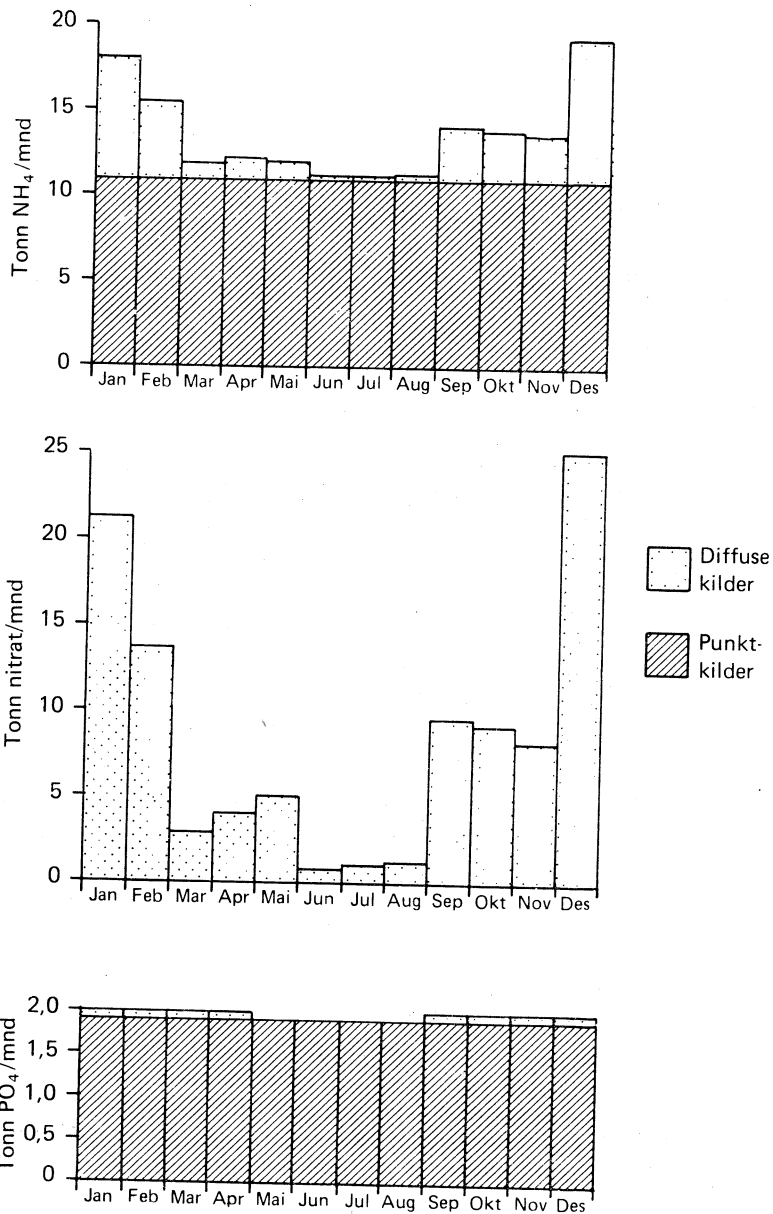
kommer fra kommunalt avløp, og det kommunale bidraget antas konstant over året. Jordbrukets bidrag er dominerende for nitrattilførslene, som antas små om sommeren, men store høst og vinter.

#### Tilførsel av miljøgifter

Nåværende utslipp av metaller og organiske mikroforurensninger er små, og det er ikke gjort detaljerte beregninger av disse tilførslene.



Figur 2. Årlige tilførsler av fosfor, nitrogen og organisk stoff i 1983. Akkumulert i fjordens lengderetning.



Figur 3. Tilførsler av ammonium, nitrat og ortofosfat fra land til indre fjordområder.

### *Forandring i tilførslene framover.*

I landbruk og industri regnes ikke med vesentlige endringer i tilførslene.

Hvis Gandsfjorden fortsatt skal være resipient for avløpet fra bebyggelsen rundt de indre fjordområder, vil det bli et utslipp fra befolkning og industri tilsvarende 90 000 personekvivalenter i år 2000.

### **FORURENSNINGSTILSTAND**

Resultatene fra overvåkingen i 1977—81 (2) viser at i indre del av Gandsfjord lå middelkonsentrasjonene av tarmbakterier i overflatelaget over det anbefalte maksimum for badevann. Likeledes viser målingene av fosfor, nitrogen og klorofyll *a* at dette området er belastet, spesielt fremstår Sandnes havn som sterkt belastet.

I Gandsfjordens dypvann er det observert lange perioder med gjennomgående kritiske oksygenforhold i det dypeste partiet.

Algevegetasjonen i 0—2 m dyp på stasjonene nær Sandnes har vist indikasjoner på forurensningseffekter (overgjødning, nedslamming, forringede lysforhold). Særlig bar organismesamfunnene på Sandnes havn preg av dårlig vannkvalitet.

Bløtbunnsfaunaen i Gandsfjorden ble undersøkt i 1977 (3). Faunaen i fjordens innerste del bar preg av å være belastet, og forholdene på Sandnes havn var ekstremt dårlige. I fjordens dypeste parti (240 m) lengst ute var faunaen fattig og besto bare av hardføre organismer. Dette skyldes oksygenvikten i vannmassene.

I 1973 ble det påvist betenkelig høye konsentrasjoner av kvikksølv i stasjonær fisk og i skjell i indre del av Gandsfjorden. Kvikksølvet stammet fra et utslipp fra Rørvalverket på Forus (4). Utslipet er forlenget stoppet. Analyser av tang de senere år har vist avtakende kvikksølvkon-

sentrasjoner, men analyseresultater for fisk og skjell mangler. Analyser av PAH i albueskjell og sedimentundersøkelser har ikke avdekket større problemer.

Bruksformer som er nær knyttet til vannkvalitet er bading, brettseiling, båtbruk, fiske og arealbruk nær fjorden. I de ytre områder av fjorden der bading pågår, er vannkvaliteten generelt sett tilfredsstillende. For fisk og fiske forårsaker sviktende oksygenkonsentrasjoner i dyplagene ulemper. Betydelige luktulemper nær Sandnes havn er til almen sjenanse.

### **TILTAK FOR UTSLIPPSREDUKSJONER**

*De kommunale utslippene* er helt dominerende mengdemessig, og for Gandsfjordens tilstand. Følgende alternativer drøftes:

#### **Alt. 0:**

Samling av avløpsvannet til dyputslipp ved Forus i Gandsfjorden. Ingen rensing. Kapasitet 90 000 P.E.

#### **Alt 1:**

Bygging av renseanlegg ved Forus i Gandsfjorden. Renseprinsipp primærfelling med dimensjonerende kapasitet tilsvarende 90 000 P.E. Renseanlegget forutsettes ferdig i 1986. Tilførselsledning til renseanlegget og utslippsledning fra renseanlegget bygges samtidig.

Et primærfellingsanlegg med kapasitet for 140 000 P.E. bygges ved Byfjorden i år 2000.

I dette alternativet innspares to pumpestasjoner og en overføringsledning som ellers vil bli nødvendig i alternativ 2.

#### **Alt. 2:**

All kommunal kloakk samles til ett utslipp i Byfjorden. Her etableres et rense-

anlegg med kapasitet tilsvarende 230 000 P.E. i år 1993.

*Innen industri* er en del bedriftsinterne tiltak aktuelle. Tiltak i industrien utover det som allerede er gjennomført har liten reell betydning for Gandsfjorden totalt. Om tiltak er ønskelig ut fra hensynet til lokale forhold må vurderes fra sak til sak. Da det tiltaket som virkelig betyr noe (kommunale utslipp) beregnes med såpass grove anslag, er ytterligere industriltak ikke tatt med i dette eksemplet.

*Innen landbruket* kan minking av gjødselsmengdene ha en viss betydning. Fylkeslandbrukskontoret mener det foregår en overgjødning tilsvarende ca. 20%. Dessuten bør gjødsel ikke spres på frossen mark. Ytterligere landbrukstiltak er ikke tatt med i beregningene.

## VIRKNINGER PÅ VANNKVALITETEN AV DE TRE ALTERNATIVENE

### *Alternativ 0. Dyputslipp ved Forus*

(90 000 P.E. — ingen rensing)

Ved et dyputslipp oppnås vanligvis umiddelbart to fordeler:

- Tilstanden i strandsonen og på gruntvannsområder forbedres ved at utslippet kan legges langt fra land.
- Vannkvaliteten i overflatelaget forbedres ved at avløpsvannet vanligvis innlagres etter betydelig fortykning (lavere planteplanktonproduksjon, redusert antall bakterier og virus).

Dette alternativet vil gi en vesentlig forbedring av vannkvalitet og biologiske forhold i området like utenfor Sandnes, og i nærsonen for tidligere overflateutslipp lenger ute i fjorden. Sett i forhold til belastningen i 1983 betyr alternativet imidlertid en økning for fjorden som helhet (for fosfor ca. 30%, nitrogen ca. 23%, orga-

nisk stoff ca. 27%), som det er tvilsomt at innlagring og fortykning av avløpsvannet alene kan kompensere for.

Under de skiftende strøm- og innlagringsforhold som rår i fjorden er det usannsynlig at dette alternativet gir den ønskede vannkvaliteten i Forus-området, snarere perioder med vesentlig dårligere forhold enn nå. Planktonproduksjonen i fjordens hovedvannmasser og oksygenproblemer i fjordens dypvann ville neppe bli redusert. Rundt utslippet vil sannsynligvis nedslammingen fra det partikulære materiale i avløpsvannet påvirke/ødelegge bunnfaunaen over 100—200 000 m<sup>2</sup> (5).

### *Alternativ 1. Dyputslipp ved Forus (90 000 P.E.) — primærfelling*

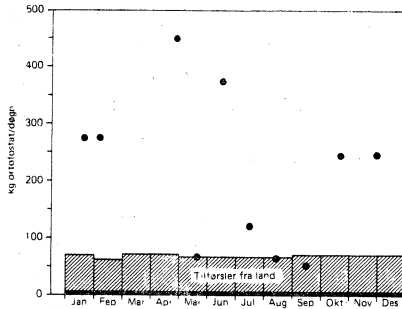
Sett i forhold til 1983 avtar utslippene av totalfosfor og organisk stoff med h.h.v. 65% og 39%, mens utslippene av totalnitrogen øker med 6% — alt regnet for hele Gandsfjorden. Utslippene av *ortofofat* avtar med 93%, fra 43 tonn/år i 1983 til 3 tonn/år, mens utslippene av *nitrat + ammonium* øker med 45% fra 425 tonn/år til 616 tonn/år.

For *indre del av Gandsfjord* blir reduksjonen h.h.v. 92% (ortofofat), 50% (nitrat + ammonium) og 70% (org. stoff), alt i forhold til belastningen i 1983. Man må imidlertid regne med at reduksjonen i virkligheten blir noe lavere, ettersom strømforholdene i området vil bidra til at en del av stoffene som slippes ut ved Forus føres innover mot Sandnes.

I en vurdering av tilførslene til fjordens overflatelag må det også tas hensyn til innblanding av nærliggende vannmasser. I fjorder med god vannutskifting vil ofte det siste bidraget være stort.

Gjennomsnittlig oppholdstid for fjordens overflatelag er beregnet til ca. 2 uker (6).

Utslippene i vinterhalvåret inntil 2—3 uker før den første planktonoppblomstringen har dermed liten eller ingen betydning for primærproduksjonen. I en vurdering av produksjonsforholdene i fjorden sommerstid, må derfor tilførslene for dette tidsrommet beregnes spesielt — også fordi de kan variere mye over året. Dette er gjort for indre fjordområde i figur 4. Punktene viser fosfortransport med vannutskiftningen, mens skravuren angir landtilførslene etter alt. I. Tabell 1 viser hvilke endringer man kan vente å få i fosfor- og nitrogenkonsentrasjoner i overflaten utenfor Sandnes (7). I sommerhalvåret kan konsentrasjonene av totalfosfor, ortofosfat og totalnitrogen være redusert med h.h.v. 50—90%, ca. 90% og 60—80% i forhold til 1981.



Figur 4.

*Transport av ortofosfat til indre del av Gandsfjorden gjennom vannutskifning i overflatelaget for 10 tidspunkt i 1981. Mørk skravur angir tilførslene fra land etter overføring til Forus og rensing, alt. I.*

Tabell 1. Beregnede konsentrasjoner i overflatelaget i indre Gandsfjorden, før og etter alternativ I. Situasjonen i 1981.

Dato	Stoff	Før	Etter
28.04.81	TOT-P $\mu\text{g/l}$	65	32
	PO <sub>4</sub> -P "	25	6
	TOT-N "	454	294
19.05.81	TOT-P $\mu\text{g/l}$	136	98
	PO <sub>4</sub> -P "	25	1
	TOT-N "	1030	844
15.07.81	TOT-P $\mu\text{g/l}$	244	16
	PO <sub>4</sub> -P "	162	10
	TOT-N "	1416	321
15.09.81	TOT-P $\mu\text{g/l}$	46	13
	PO <sub>4</sub> -P "	23	2
	TOT-N "	273	116
30.11.81	TOT-P $\mu\text{g/l}$	177	98
	PO <sub>4</sub> -P "	105	52
	TOT-N "	1793	1414

En enkel fortynningsmodell for hele Gandsfjordens overflatelag antyder at utslippene vinterstid ved alt. 1 i middel gir et konsentrasjonsøkning på ca. 1 µg P/l som totalfosfor og ca. 20 µg N/l som totalnitrogen. Dette er lite. Tilsvarende tall for 1983 var 3 µg P/l og 20 µg N/l (8).

Det finnes ikke opplysninger om ammonium-konsentrasjonene i fjorden, og dermed heller ikke grunnlag for å vurdere hvordan forholdet mellom biologisk tilgjengelig nitrogen og fosfor i vannmassene vil endres. Grove overslag antyder likevel at man i indre område vil opprettholde en overveiende nitrogenbegrenset algevekst i sommerhalvåret, med en teoretisk reduksjon i biomasseproduksjonen på 30—40%.

For hele fjordområdet i 1983 antyder de samme beregningene en overveiende nitrogenbegrenset algevekst i sommerhalvåret. Alternativ 1 gir økte utslipp av nitrogen, og beregninger antyder nær balanse mellom N og P, evt. en svak fosforbegrensning. Biomasseproduksjonen reduseres ikke, tvertimot er det sannsynlig med en viss økning i sommerhalvåret.

Selv om de direkte utslippene av organisk stoff avtar i forhold til 1983, så er det dermed tvilsomt om dette alternativet gir noen bedring i oksygenforholdene i fjordens dypvann. Vurderingen er skjønnsmessig, ettersom man ikke har grunnlag for å beregne den organiske belastningen på fjordens dypvann.

Det alt vesentlige av E.coli og virus tilføres i dag fjorden fra kommunal kloakk. Dette alternativet vil i teorien nærmest eliminere de store hygieniske problemene i indre område. I praksis må man nok allikevel regne med problemer p.g.a. overvann, utette ledninger evt. tidvis påvirkning fra dyputslippet ved Forus. Under ugunstige forhold (gjennomslag til over-

flaten, innlagring nær overflaten, strøm mot land m.v.) er det sannsynlig at man i et område rundt dypvannutslippet vil få høye bakteriekonsentrasjoner i overflatelaget nær land.

Bortsett fra manglende dokumentasjon av kvikksølvinnholdet i fisk og skjell i nærheten av Forus, kan man se bort fra miljøgiftproblemer i fjorden. Det er ikke sannsynlig at slike vil oppstå ved gjennomføringen ved dette alternativet, ettersom en betydelig del av miljøgiftene holdes tilbake i denne type renseanlegg (9) og p.g.a. innlagring og stor fortykning av avløpsvannet.

Totalt sett vil dette alternativet gi vesentlige bedringer i vannkvalitet og biologiske forhold, spesielt i fjordens indre del. Det er imidlertid tvilsomt om man oppnår noen bedring av oksygenproblemene i fjordens dypvann.

#### *Alternativ 2. Overføring av avløpsvannet til Byfjorden*

I tabell 2 er utslippene til Gandsfjorden ved dette alternativet sammenlignet med 1983-tallene og alternativ 1. Tallene er årsmidler.

Sett i forhold til alternativ 1, er alternativ 2 bedre. Samme enkle fortynnings-

Tabell 2.

*Utslipp til Gandsfjorden ved ulike alternativer. Belastningen ved alt. 2 er gitt i absolutte tall, og i % av belastningen ved alt. 1 og belastningen i 1983.*

Stoff	Belastningen ved alt. 2 i % av belastningen i		
	Alt. 2	Alt. 1	1983
Tot-P	10 tonn/år	40 %	14 %
PO <sub>4</sub> -P	1 "	33 %	2 %
Tot-N	187 "	36 %	38 %
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub>	187 "	30 %	44 %
BOF <sub>7</sub>	350 "	26 %	16 %



budsjett som brukt ved alt. 1 for hele fjorden antyder en midlere konsentrasjonsøkning på 1  $\mu\text{g/l}$  for totalfosfor, og 5—10  $\mu\text{g N/l}$  for totalnitrogen vinterstid. Av figur 3 fremgår at nitrogenbidraget vil være spesielt lite sommerstid med teoretisk ca. 30 kg ortofosfat og 50 kg ammonium og nitrat pr. dag.

Et usikkerhetsmoment ved dette alternativet er imidlertid transporten av forurensende stoffer fra utslippsområdet i Byfjorden til Gandsfjorden. NHL (10) har anslått at en slik transport til Gandsfjordens munningsområde vil skje ca. 25% av tiden, men at bare en mindre del vil bevege seg videre innover fjorden. God innlagring og primærfortynning i Byfjorden vil imidlertid redusere denne effekten.

Det synes klart at eutrofieringsproblemerne i Gandsfjordens overflatelag vil være løst ved dette alternativet, eventuelt bortsett fra mindre lokale problem. De hygieniske problem (bakterier og miljøgifter) vil også være vesentlig mindre enn for alternativ 1. Hvor mye den organiske belastningen på fjordens dypvann vil avta i forhold til 1983 kan det ikke sies noe sikkert om. Data fra 1. halvår 1983 viser et midlere oksygenforbruk på ca. 0,11 mg pr. l og uke i 240 m dyp. Etter en stor dypvannsutskiftning som øker oksygenkonsentrasjonene til 6—7 mg O/l om våren, kan dermed oksygenkonsentrasjonen ha avtatt til 3—4 mg O/l etter et halvt år, og være i det kritiske området allerede etter 8—10 måneder, dvs. før neste større dypvannsutskiftning eventuelt inntreffer om våren eller forsommeren. Til tider vil det gå 2—3 år mellom hver stor dypvannsfornyelse (f.eks. 1979—81). Dette illustrerer at oksygenforbruket i fjordens dypvann må reduseres til mellom 1/3 og 1/6 av forbruket i 1983 hvis fjordens oksygenproblemer skal bli eliminert.

Om dette oppnås ved alternativ 2 er usikkert, dels på grunn av bidraget fra utslippet til Byfjorden, dels fordi man ikke kjenner fjordens opprinnelige tilstand og fremfor alt fordi man ikke har grunnlag for å beregne den organiske belastningen på dypvannet verken for 1983, for alt. 1 eller alt. 2. Det bør imidlertid ikke være tvil om at omfanget av vannmassen som kan oppleve oksygenproblem vil avta, like så hyppigheten og varigheten av periode med oksygenproblem.

Ved valg av rensegrad for utslippet til Byfjorden, må legges vekt på minst mulig påvirkning av Gandsfjorden.

## KOSTNADER FOR KOMMUNALE TILTAK

### *Grunnlag for kostnadsberegningene*

Alt. 0 gir ikke tilfredsstillende vannkvalitet, og er ikke kostnadsberegnet.

Rensekostnadene for alt. 1 og alt. 2 er beregnet separat. For transportsystemet er den del av kostnaden som er felles for alternativene, ikke medtatt. Alle kostnader er beregnet slik at *forskjellen* mellom alternativene kommer fram. Beregningene er basert på opplysninger fra I.V.A.R. (11).

Nåverdi og årskostnader er beregnet med 7% rente. Årskostnadene for investeringene er fordelt over 30-års tilbakebetalingstid.

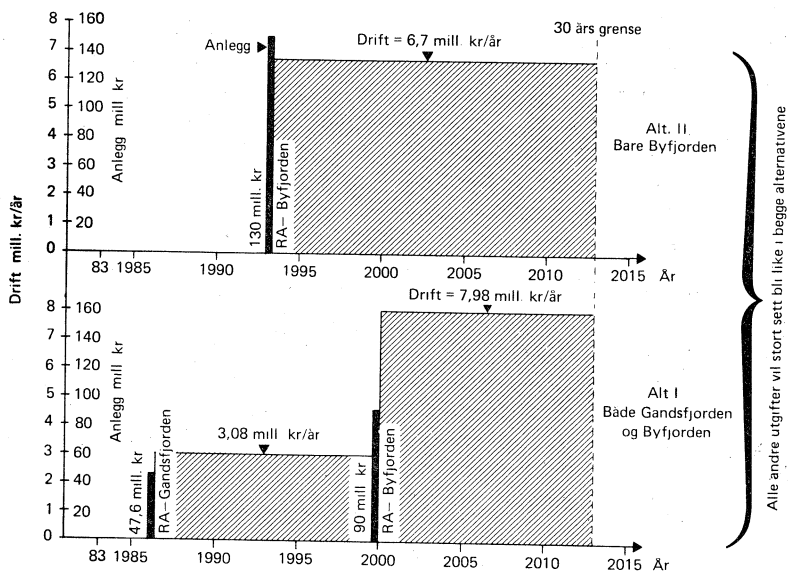
Det er regnet nåverdi av driftskostnadene i 30 år, fra år 1983.

### *Investering- og driftskostnader*

Investeringstidspunktene er satt ut fra en realistisk vurdering av mulighetene for å gjennomføre de ulike tiltakene.

Investeringsplan og årlige driftsutgifter er vist i figur 5 for de to alternativene.

Figur 6 viser alternativenes årskostnader.



Figur 5. Investerings tidspunkt og investeringskostnader, samt årskostnader for de to alternativene.

i perioden år 1986 til år 2030.

Nåverdien i 1983 av investeringer og driftsutgifter er beregnet til 110,4 mill. kr. for alt. 1 og 102,0 mill. kr. for alt. 2, dvs. en forskjell i nåverdi på 8,4 mill. kr.

Tabell 3. Nåverdikostnader.

Alternativ	Nåverdi i år 1983 av investeringer og driftsutg. mill. kr.
Alt. I. Renseanlegg i Gandsfjorden i 1986 og renseanlegg i Byfjorden i 2000.	110,4
Alt. II. Renseanlegg i Byfjorden i år 1993	102,0

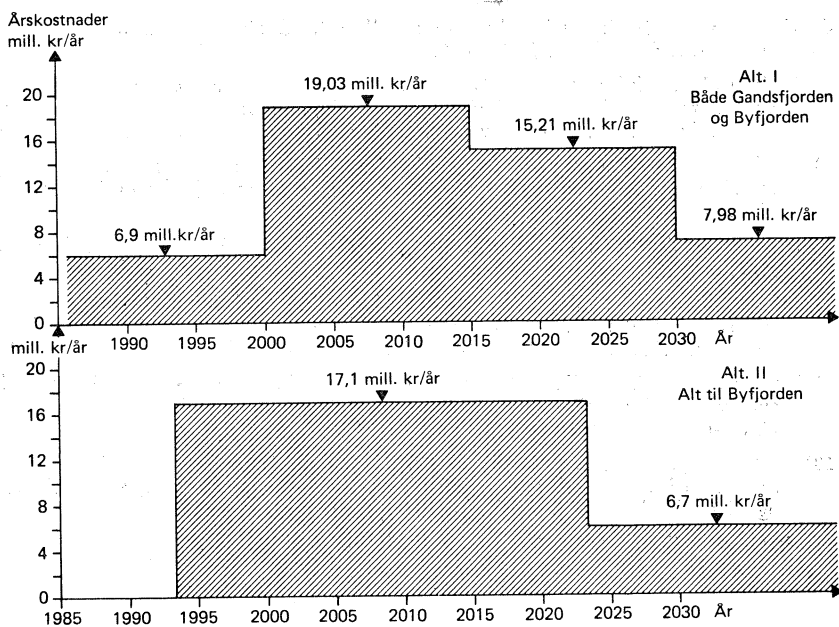
## SAMLET VURDERING

Totalt sett ønskes best mulig forhold for samtlige vannbruksinteresser i Gandsfjorden så raskt som mulig, og til minst mulig kostnad.

*Alt. 0* gir ikke tilfredsstillende bedring i fjordens forurensningstilstand.

*Alt. 1* gir markert bedring i vannkvaliteten. Med unntak for nærsone ved utslippet og innerst ved Sandnes vil det sannsynligvis oppnås tilfredsstillende vannkvalitet for alle brukerinteresser. Det er tvilsomt om det oppnås bedring i oksygenproblemene i fjordens dypvann.

*Alt. 2* gir tilfredsstillende vannkvalitet for alle brukerinteressene i Gandsfjorden. Oksygenproblemene i dypvannet vil bli redusert, men det er usikkert om de blir løst.



Figur 6. Investeringer og driftsutgifter for alternativ I og II.

Alternativ 2 er økonomisk den beste løsningen, men på kort sikt oppnås liten forbedring i vannkvaliteten i Gandsfjorden, når det forutsettes at overføring til Byfjorden ikke skjer før renseanlegget er ferdig i 1993. Alt. 1 gir en vesentlig bed-

ring av vannkvaliteten alt i 1986, men forskjellen i investeringstidspunkter fører også til at alt. 1, regnet i nåverdi, er 8,4 mill. kr. dyrere enn alt. 2. Sett i forhold til det totale investeringsbeløpet, er denne forskjellen liten.

#### REFERANSER

- (1) Lindholm, O., Molvær, J. og Øren, K., 1983: Kostnads- og effektivitetsanalyse av tiltak mot forurensninger i Gandsfjorden. NIVA-rapport O-83087, Oslo.
- (2) Bokn, T. og Knutzen, J., 1982: Overvåking av Gandsfjorden og Byfjorden, Stavanger, 1981. NIVA-rapport 0-80003-04-11, Oslo. Statlig program for forurensningsovervåking 56/82.
- (3) Johannessen, P. J., 1977: Resipientundersøkelse av fjordene rundt Stavanger og Sandnes med hovedvekten lagt på bunnforhold og bunndyr. Inst. for Marinbiologi, Univ. i Bergen.

- (4) Kjos-Hanssen, 1974: Punktutslipp av metallisk kvikksølv i marint miljø (Gandsfjorden). *Industri og Miljø* 6: 9—11.
- (5) Molvær, J., Kvalvågnæs, K. og Øren, K., 1983: Vurdering av renskrav for utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter. Rapport 5: Nedslamming og forsøpling av bunnen ved utslipp av kommunalt avløpsvann. 0-81006-IV, NIVA 1983.
- (6) Jacobsen, P., McClimans, T. A. og Thendrup, A., 1982: Vurdering av renskrav for sjøresipienter. Del 1: Dominerende fysiske prosesser i fjorder og kystfarvann. NHL-rapport nr. 2 - 83033. Trondheim.
- (7) Stigebrandt, A., 1983: Modellering av de fysiske, kemisk-biologiske og bakteriologiske forholdene i inre Gandsfjorden. NIVA notat, 0-83089, Oslo.
- (8) Molvær, J., 1983: Vurdering av renskrav for utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter. Rapport 2: Forsøksvis oppstilling av massebudsjetter for nitrogen og fosfor. NIVA-rapport 0-81006-1, Oslo.
- (9) Knutzen, J. og Øren, K., 1983: Vurdering av renskrav for utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter. Rapport 4: Avløpsvannets innhold av miljøgifter. NIVA-rapport 0-81006-II, Oslo.
- (10) Mathisen, J. P., Nittve, A., Sægrov, S. og Thendrup, A., 1977: Resipientundersøkelse ved Stavangerhalvøya. Marinfysiske vurderinger av utslipp i Byfjorden og Gandsfjorden. VHL-rapport nr. STF 60 F-78004, Trondheim.
- (11) Ravndal, Folkvard, I.V.A.R.: Pers. opplysninger, 1983.