



O-94213

# Effekter av forurensning i Iddefjorden

Sak nr. 93-00490 A:  
Framtiden i våre hender  
mot Saugbrugsforeningen AS,  
Halden Byrett 1995

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-94213	Undernr.:
Løpenr.: 3171	Begr. distrib.:

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Effekter av forurensning i Iddefjorden. Sak nr. 93-00490: Framtiden i våre hender mot Saugbrugsforeningen AS, Halden Byrett 1995.	Dato: 19/12-94	Trykket: NIVA 1994
	Faggruppe: Marinøkologisk	
Forfatter(e): John Arthur Berge	Geografisk område: Østfold	
	Antall sider: 54	Opplag: 40

Oppdragsgiver: Framtiden i våre hender.	Oppdragsg. ref.:
--	------------------

Ekstrakt: Rapporten gir en historisk oversikt over effekter av forurensning i Iddefjorden. Spesielt beskrives virkninger i perioden 1979 - 1991 på kvaliteter i fjorden som kan utnyttes av allmennheten og virkninger av konsesjonsstridige utslipp fra Saugbrugsforeningen i samme periode. Mulige forurensningseffekter idag av tidligere konsesjonsstridige utslipp, samt tiltak for å avhjelpe slike eventuelle miljøeffekter er også beskrevet.
--

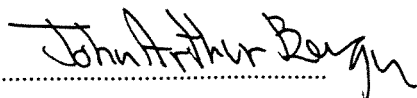
4 emneord, norske

1. Treforedlingsindustri
2. Miljøeffekt
3. Suspensert stoff
4. Iddefjorden

4 emneord, engelske

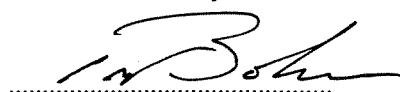
1. Pulp mill
2. Environmental effect
3. Suspended material
4. Iddfjord

Prosjektleder



John Arthur Berge

For administrasjonen



Tor Bokn

ISBN 82-577-2654-0

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

O-94213

**EFFEKTER AV FORURENSNING I IDDEFJORDEN**

**Sak nr. 93-00490 A: Framtiden i våre hender mot  
Saugbrugsforeningen AS, Halden Byrett 1995**

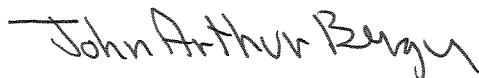
Oslo, 19. desember 1994  
Prosjektleder: John Arthur Berge

## Forord

*I brev av 17/8-94 og 22/8 ble henholdsvis John Arthur Berge , Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og Lars Landner, Svenska MiljöForskarGruppen (MFG) av Halden sorenskriverembete forespurt om å være sakkyndige i forbindelse med Sak nr 93-00490 A: Framtiden i våre hender - Saugbrugsforeningen AS i Halden byrett. Forespørselen bygger på anmodning fra Saugbrugsforeningen AS og Framtiden i våre hender om å oppnevne henholdsvis Lars Landner og John Arthur Berge som sakkyndige.*

*Både Lars Landner og John Arthur Berge sa seg villig til å påta seg dette arbeid på gjeldende standardbetingelser for henholdsvis MFG og NIVA. I brev av 2/9-94 til partenes advokater opplyses det imidlertid at Byretten finner det vanskelig å oppnevne de sakkyndige på de vilkår som var satt. I stedet ble det av praktiske/økonomiske grunner foreslått at de sakkyndige skulle engasjeres direkte av partene i forbindelse med selve utarbeidelse av rapporten, Lars Landner av Saugbrugsforeningen og John Arthur Berge av Framtiden i våre hender. Under selve rettssaken skulle de imidlertid møte som rettsoppnevnte sakkyndige. Denne løsningen ble senere stadfestet.*

Oslo, 19 desember 1994



John Arthur Berge

## Innholdsfortegnelse

	side
1. Bakgrunn	4
2. En historisk oversikt over effekter av forurensning i Iddefjorden	6
2.1 Virkninger av de samlede utslipp på fjorden	6
2.2 Virkninger av de samlede utslipp på fjorden på kvaliteter som kan utnyttes av allmennheten	26
2.3 Virkninger av "overutslipp" på kvaliteter i fjorden som kan utnyttes av allmennheten	32
3. Eventuelle virkninger idag	45
3.1 Eventuelle målbare effekter idag av tidligere overutslipp	45
3.2 Eventuelle registrerbare effekter idag av tidligere "overutslipp" på kvaliteter som kan utnyttes av allmennheten	46
4. Tiltak for å forsere utviklingen av miljøsituasjonen i Iddefjorden	46
5. Referanser	47

## 1. Bakgrunn

"Framtiden i våre hender" har saksøkt Saugbrugsforeningen AS i forbindelse med konsesjonsstridige utslipp av suspendert materiale til Iddefjorden innenfor perioden 1979-91. Saksøker hevder at de konsesjonsstridige utslipp har medført miljøskader i resipienten som har hatt betydning for utøvelse av allemannsrettigheter utenfor næring i Iddefjorden og sjøområdene utenfor.

"Framtiden i våre hender" hevder i stevningen at Saugbrugsforeningen AS tilpliktes å betale erstatning til Statens forurensningstilsyn til gjenoppretting av påførte miljøskader forårsaket av de konsesjonsstridige utslipp som er av betydning for utøvelse av allemannsrettigheter utenfor næring. Saugbrugsforeningen AS har tatt til motmæle med påstand om frifinnelse.

I forbindelse med rettssaken er Lars Landner (MFG) og John Arthur Berge (NIVA) oppnevnt som sakkyndige. Det er utarbeidet et forslag til mandat for de sakkyndiges arbeide (Se vedlegg 1) som det ikke er mottatt noen innsigelser til.

De sakkyndige ble anmodet om å samarbeide og om mulig utarbeide en felles rapport. I arbeidet har de sakkyndige blitt enig om en viss arbeidsdeling. Lars Landner har i hovedsak tatt for seg den tekniske siden knyttet til bedriften og størrelsen på "overutslippene" mens John Arthur Berge har tatt tar for seg resipient forhold og eventuelle effekter.

I slutfasen av arbeidet ble det klart at de ikke var mulig å utarbeide en felles rapport da de sakkyndige hadde noe divergerende syn på enkelte av postene som skulle behandles. Arbeidsdelingen mellom de to sakkyndige ble imidlertid i hovedsak opprettholdt. Tekniske aspekter knyttet til bedriften og størrelsen på "overutslippene" behandles således i en egen rapport utformet av Lars Landner. Rapporten som her presenteres omhandler i hovedsak effekter og resipientforhold og bygger i disse vurderinger dels på rapporten utformet av Landner.

Som en bakgrunn for denne rapport presenteres utslippstall (totalutslipp og overutslipp) (Fig. 1.1) basert på informasjon i tilsendte saksdokumenter og tilsvarende utslippstall basert på vurderinger gjort i Lars Landners rapport (Fig. 1.2).

Totalutslippene gitt i fig. 1.1 er nær identisk med det som oppgis fra bedriften i saksdomumentene (Dokument 4, bilag 5). De totale utslipp oppgitt i Tabell 1.1 er vesentlig høyere enn tilsvarende tall i Fig. 1.1 og skyldes en oppjustering foretatt av Lars Landner som en følge av at enkelte delstrømmer ikke tidligere er medregnet. For en nærmere vurdering av de ulike typer av utslipp til Iddefjorden henvises til Lars Landners rapport.

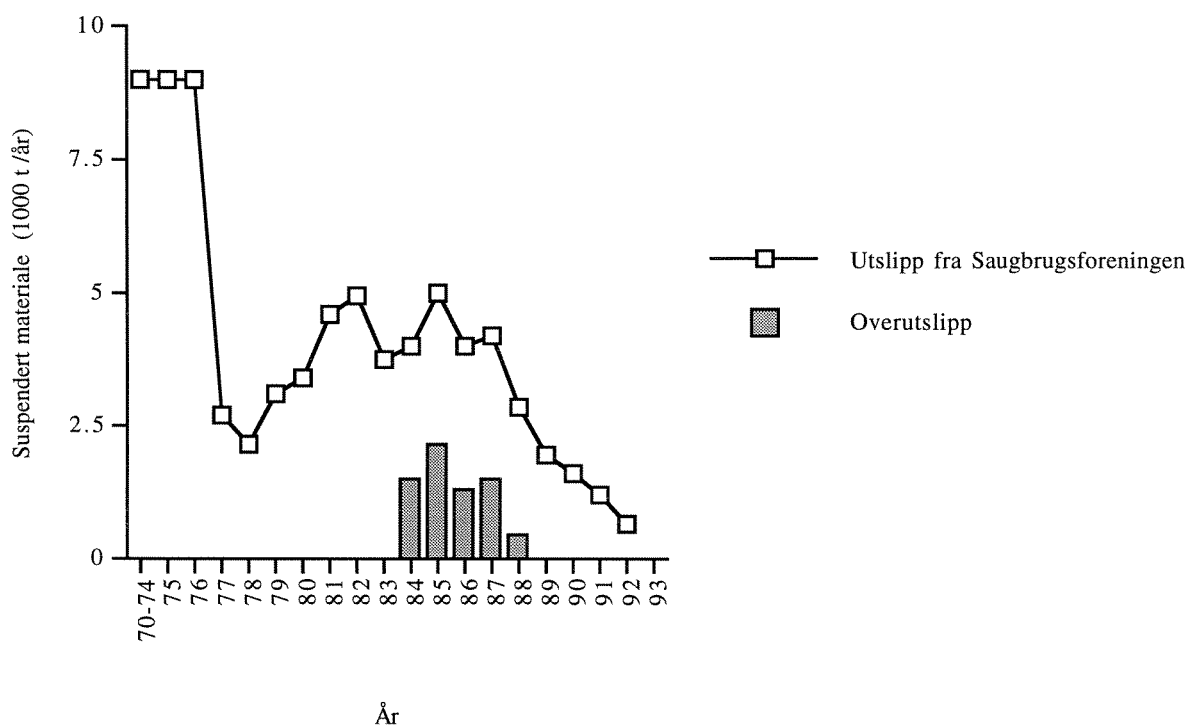


Fig. 1.1 Utslipp av suspendert partikulært materiale fra Saugbrugsforeningen i perioden 70-92 (Data oppgitt av Saugbrugsforeningen i Berge og Helland 1993 og Efraimsen, 1984). I figuren er også overutslipp i forhold til konsesjon angitt for 84-88 (summerte ukedata oppgitt i forbindelse med forelegg utferdiget av Statsadvokaten i Eidsivating mot Saugbrugs Eiendom A/S, 15/1-92)

Tabell 1.1. Utslipp fra Saugbrugsforeningen AS basert på vurderinger utført av Lars Landner.

År	Overutslipp (tonn/år)	Total utslipp (tonn/år)	Overutslipp (%)
1979-1982	0	8300	0
1985	2670	10000	27
1987	1790	6500	28
1989	230	4000	6
1991	2	3100	0.06

## 2 En historisk oversikt over effekter av forurensning i Iddefjorden

### 2.1 Virkninger av de samlede utslipp på fjorden

Et kart over Iddefjorden er vist i fig.2.1.1. I denne rapporten omtales det totale området som dekkes av både den vestgående og sydgående delen av fjordområdet for Iddefjorden. Fjorden er smal, lang (ca 25 km) og relativt grunn (største dyp 43m). De dypere vannlag er avskåret fra vannmassene utenfor i Singlefjorden av to hovedterskler på ca 8-10 m (Bjällevarp og Svinesund). Innefor Svinesund finnes ytterligere terskler på ca 20 m dyp som skiller den sydgående delen fra den vestgående delen (Ringdalsfjorden). Tersklene begrenser vannutskiftningen under terskeldyp med dårligere utskiftning innover i fjorden. Oppholdstiden av vannet i ytre og indre fjord og i de ulike dyp skiller seg vesentlig fra hverandre (se tabell 2.1.1) og har konsekvenser for miljøet. Vannutskiftningen i overflatevannet drives av ferskvannstilførsel, vind samt vannstandsvariasjoner. Overflatelaget i fjorden når vanligvis ikke dypere enn ca 5 m og sjelden dypere enn 10 m. Utskiftningen av dypvannet under terskelnivå er styrt av forskjeller i tetthetsfeltet mellom vannmassene på hver side av hver enkelt terskel i fjorden. En forutsetning for vannutskiftning er at tettheten av vannet i terskelnivå utenfor er større enn tettheten i dypvannet innefor. Saltholdigheten i overflaten varierer fra 2-13 ‰ ved utløpet av Tista til 5-18 ‰ ved Svinesund.

Tabell 2.1.1. Anslått oppholdstid på vann i ulike områder av Iddefjorden (opplysninger fra Knutzen, 1986, Magnusson et al. 1983)

<u>Dybdestrata, område</u>	<u>Oppholdstid (døgn)</u>
0-3 m, utenfor Halden	3
3-20, utenfor Halden	9
0-3 m, innefor Halden	28
3-20m, innenfor Halden	75

Deler av det som slippes ut i Iddefjorden transporteres ut til Singlefjorden og kan derfra igjen teoretisk spres til andre deler av Hvalerområdet. Iddefjordvannet utgjør imidlertid en liten del av ferskvannstilførslen til området som er dominert av vann fra Glomma. Det er bare på innsiden av Hvalerøyene at det (ved satelittfjernmåling) er mulig å skille Iddefjordvann fra de øvrige vannmasser i området (Sørensen et al. 1990). Det er derfor sannsynlig at overflatevann fra Iddefjorden i noen grad også vil påvirke området utenfor Iddefjorden. I første rekke antar man at dette er aktuelt for den svenske delen av Singlefjorden.

Den mest hyppig forekommende strømretning i overflatevannet utenfor Hvalerøyene går i nordlig retning og følger kysten for så å dreie vestlig idet den krysser ytre Oslofjord. Til tider kan imidlertid denne strømmen reverseres slik at en også får transportert vann fra Hvalerområdet nedover den ytre del av svenskekysten (Koster til Väderøarna). Under slike forhold vil vann fra Iddefjorden muligens kunne identifiseres langs land også utenfor Hvalerområdet.



En vurdering av eventuelle virkninger av utslipp til Iddefjorden på området utenfor fjorden vanskeliggjøres av to forhold.

- 1) Det er få eller ingen tilgjengelige undersøkelser som adresserer problemstillingen i det mest aktuelle området (dvs. den svenske delen av Singlefjorden)
- 2) dessuten har en i Hvaler området også andre betydelige påvirkningskilder som gjør det vanskelig å knytte påviste effekter til utslipp fra Iddefjorden direkte.

Disse forhold har gjort at en i de videre vurderinger i hovedsak vil omtale forhold knyttet til Iddefjorden.

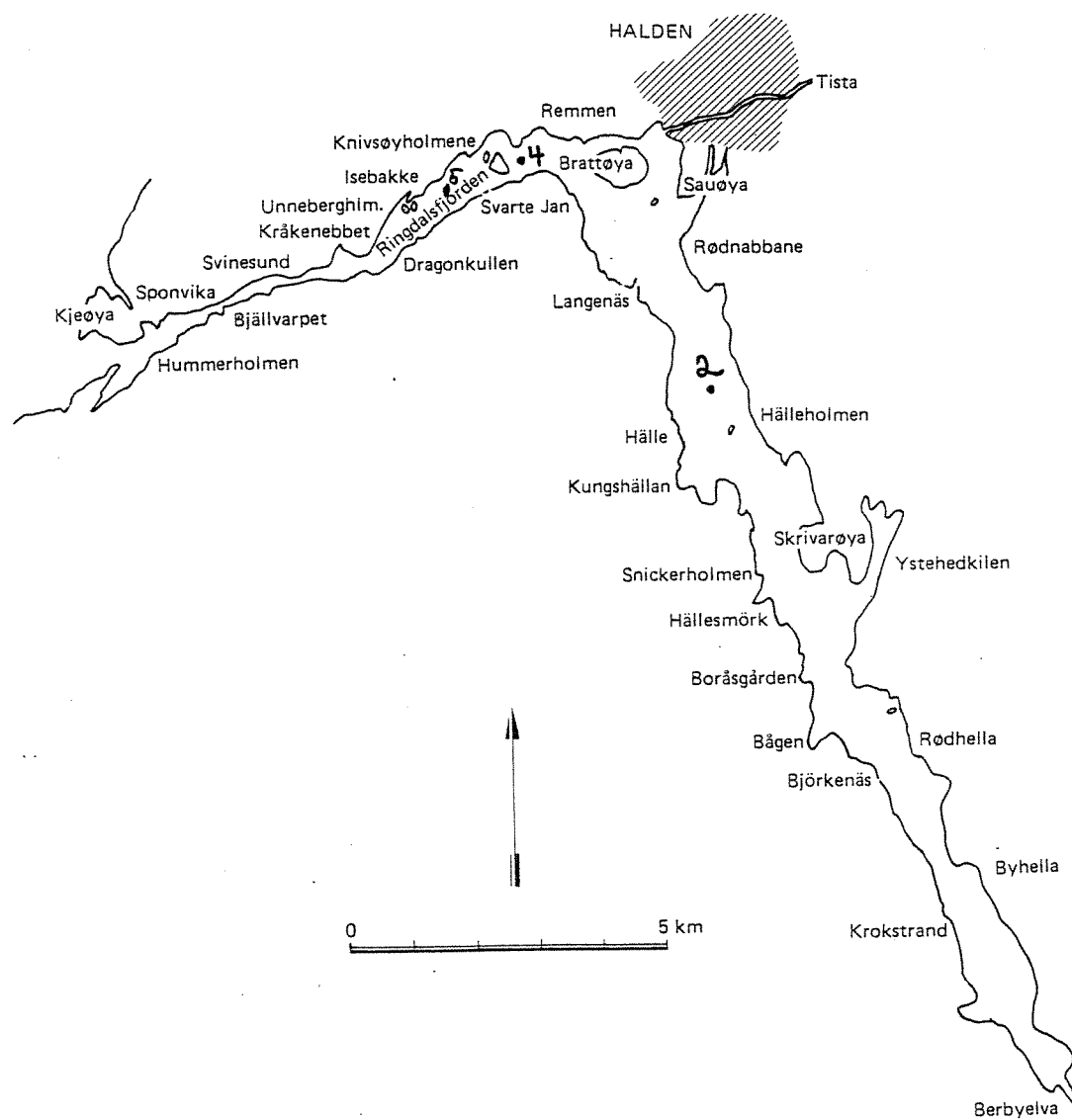


Fig. 2.1.1. Kart over Iddefjorden (etter Knutzen. 1986)

## Siktedyp

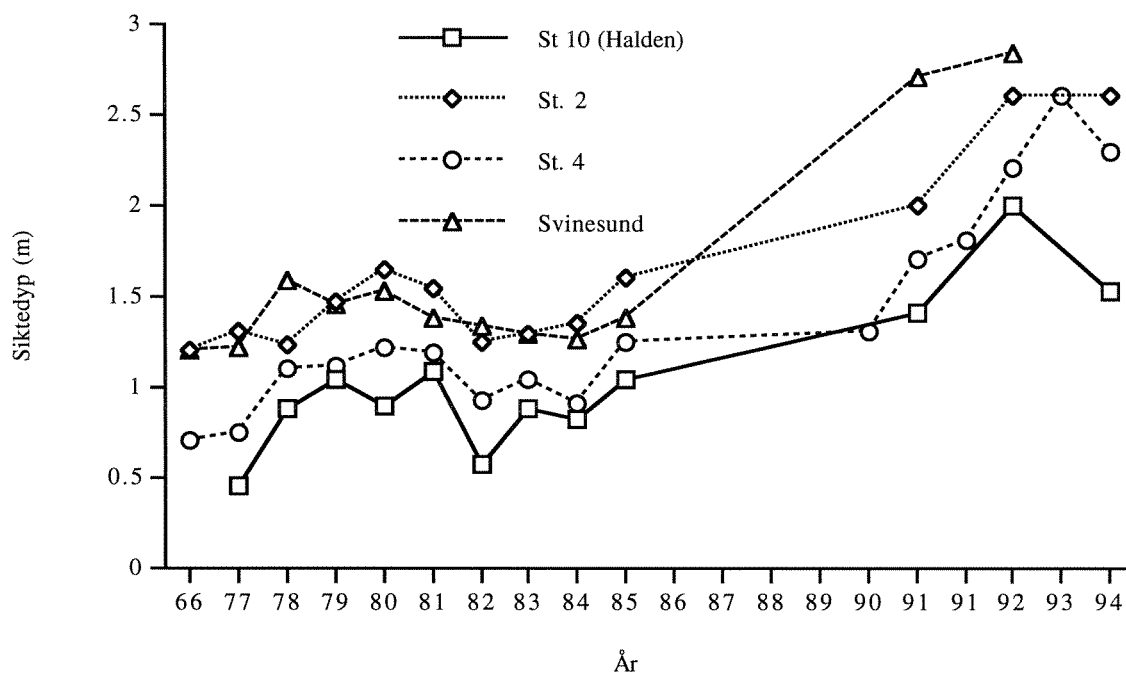
Siktedyp gir et mål for vannets gjennomskinnelighet, dvs i hovedsak hvor mye lysabsorberendemateriale som finnes i overflatevannet. Siktedyp måles ved hjelp av en sirkelformet hvit skive (secchi-skive) som senkes ned i vannmassene til det dyp (siktedypt) hvor den ikke lenger er synlig fra overflaten. Skivens diameter er 25 cm.

Vannets siktedyp antas i vesentlig grad å være påvirket av oppløst organisk materiale og mengden suspenderte partikler som uorganiske partikler (leire) og planktonalger. Observasjoner av siktedyp i Iddefjorden før utbygningen av treforedlingsindustrien i Halden foreligger ikke. En kan derfor ut i fra målinger i fjorden ikke si hva siktedypt ville ha vært uten slike utslipp. Et midlere siktedyp på mer enn 3 m er imidlertid ikke urimelig (se Knutzen, 1986)

Målinger utført i 1968-69 (fiskeristyrelsen, NIVA) viste siktedyp på 0.6 m til 0.8 m i vannet utenfor Halden. Indre fjord viste siktedyp på 1-1.5 m og ytre del av fjorden ble det målt fra 0.8-2.5 m. Utover første del av 70 årene utviklet vannets siktedyp se ytterligere i negativ retning. Undersøkelser i 1970 konkludere med at siktedypt utenfor Halden var 30.3-0.6 m mens den i ytre del av fjorden var 1-1.5 m.

Målinger utført i 1977-1985 (se fig. 2.1.2) avslørte en tendens til positiv utvikling frem til 1981 hvor denne tendensen stoppet. Ser en hele perioden 1977-85 under ett kan en ikke si at det har vært noen klar tendens til forbedringer i Iddefjorden m.h.t. siktedyp (Knutzen, 1986). Ved munningen av Iddefjorden (Kjeøya) lå gjennomsnittlig siktedypt på ca 3 m i perioden 77-85. Nær Svinesund lå gjennomsnittlig siktedyp i samme periode i område 1.1-1.6 m. Nærmere Halden (ved Knivsøyholmene) lå gjennomsnittlig siktedypt i perioden 77-85 i område 0.7-1.3 m mens det innefor Halden (nær Hälle) lå i områder 1.2-1.7 (Knutzen, 1986).

En har sparsomt med opplysninger om siktedyp i Iddefjorden i perioden 86-90. I 1991 og 1992 var imidlertid gjennomsnittlig siktedyp nær Halden henholdsvis ca 1.4m og 2m og må kunne karakteriseres som vesentlig bedre enn på slutten av 70 tallet og tidlig på 80 tallet. Også på andre stasjoner innenfor Svinesund viste gjennomsnittlige siktedypmålinger forbedringer. Spesielt store forbedringer fant sted fra 1991 til 1992 og må tillegges nedleggelsen av cellulosefabrikken. Det kan også nevnes at hovedvariasjonsområdet for siktedypt i Femsjøen (Tistas utspring) i mai til oktober er 2-5m og altså betydelig høyere enn det en har i munningsområdet for Tista.



Figur 2.1.2. Utviklingen i siktedyp (middelverdier vår, sommer, høst) på utvalgte stasjoner i Iddefjorden 1977-94 (Munte-Kaas, 1970, Knutzen, 1986 (med bakgrunnsmateriale), Skogen, 1992a og b, Magnusson og Sørensen, 1993, upubliserte data fra NIVAs overvåking av Iddefjorden i 93 og 94.

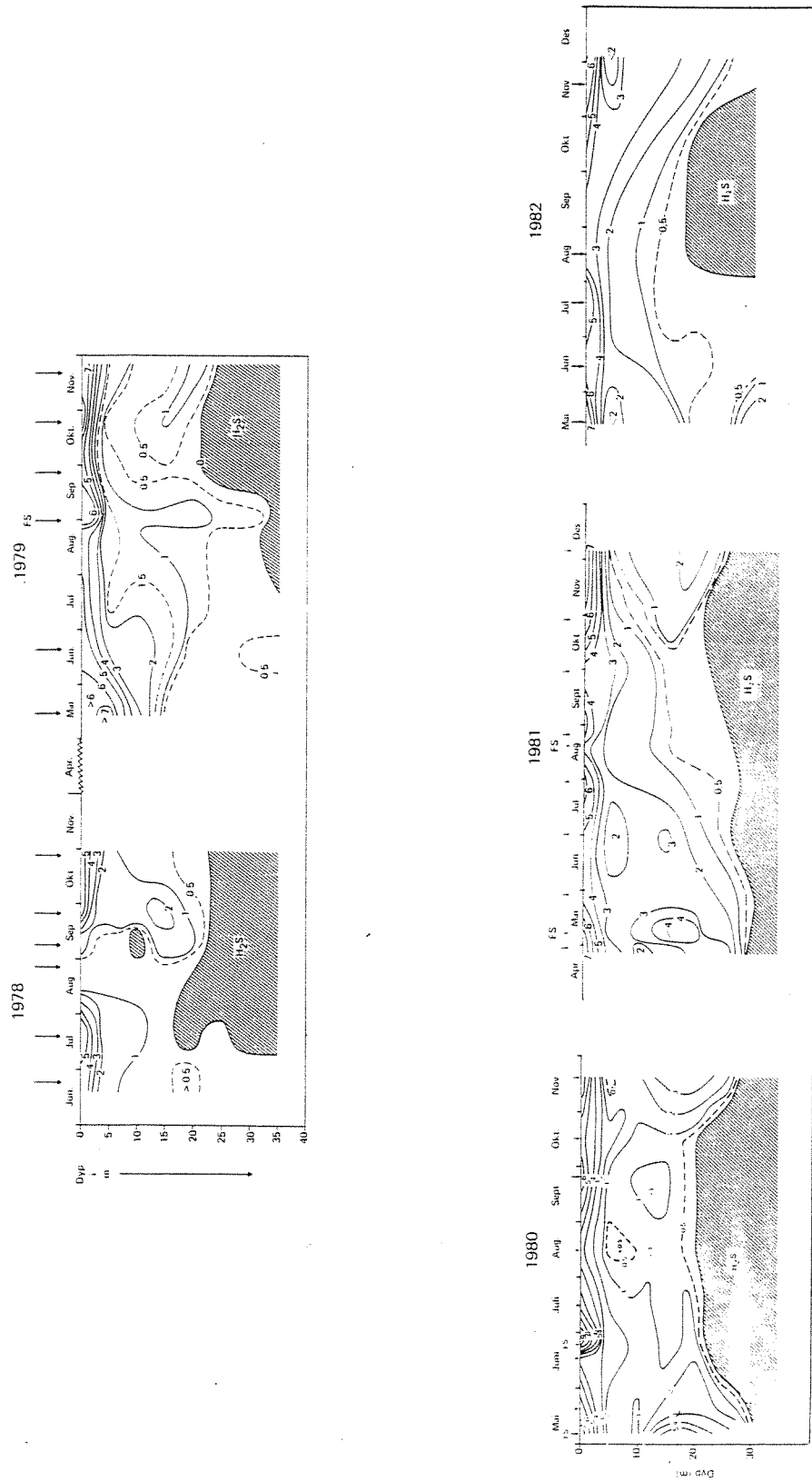
### Oksygenforhold

Tilstedeværelse av oksygen er en forutsetning for alt makroskopisk liv i et fjordsystem. Oksygeninnholdet under overflatelaget i en terskelfjord som Iddefjorden er i hoedsak bestemt av tilførsler av oksygenforbrukende materiale (utslipp, naturlig sedimentering av alger) og tilførsel av oksygenrikt vann fra Singlefjorden som fra tid til annen strømmer inn over tersklene i ytre del av fjorden. Når belastningen av oksygenforbrukende materiale blir for stor vil nedbrytningen av det tilførte materiale til slutt medføre dannelse av hydrogen sulfid - en dødelig gift for de fleste flercellede organismer.

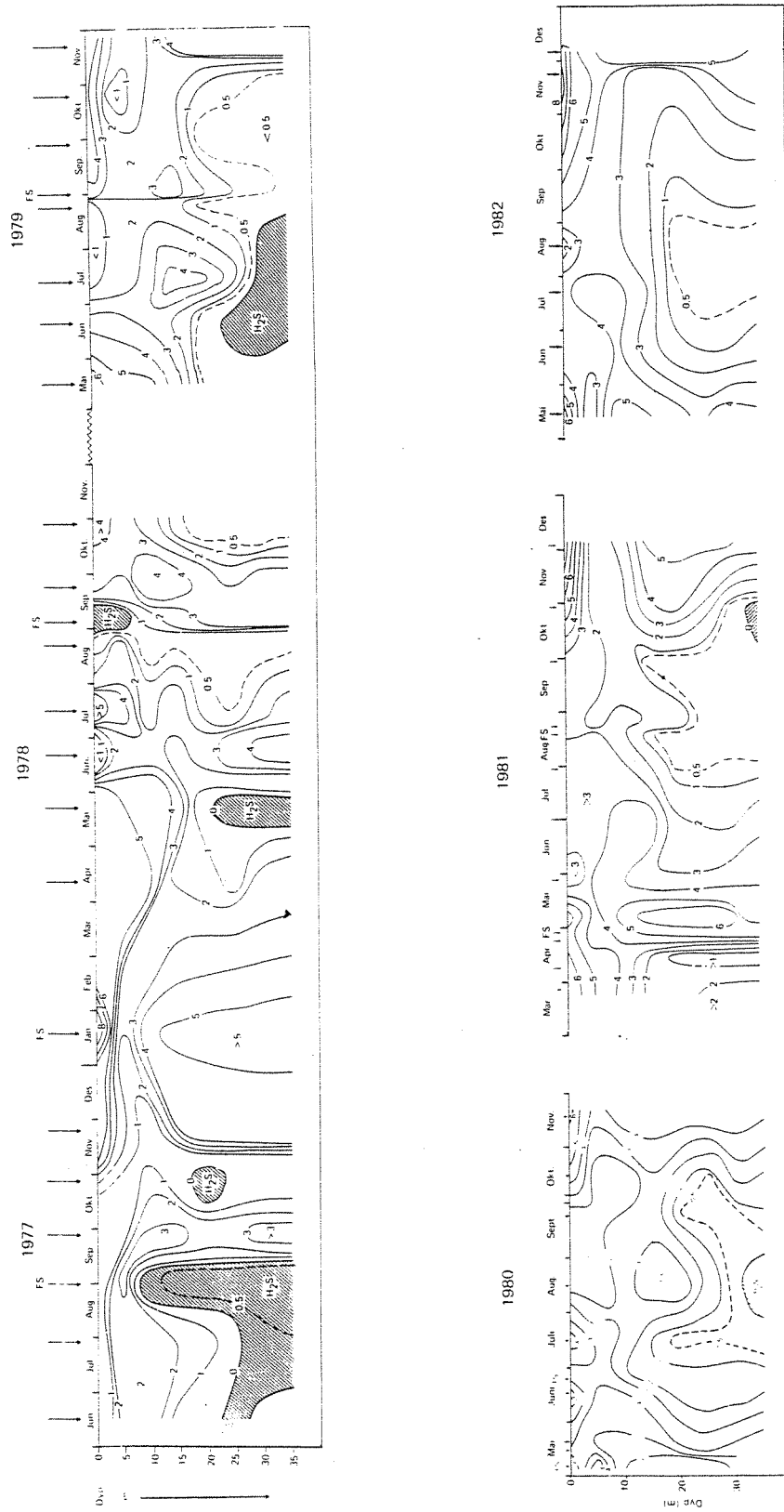
For en del bunndyr typisk for Skagerrak har en funnet at nedre toleransegrense (akutt dødelighet) for oksygen ligger i område 0.5-1 ml O<sub>2</sub>/l ved en eksponering over noen dager til noen få uker (Rosenberg et al. 1991). Sannsynligvis vil subletale effekter (eksempelvis lavere sekundær produksjon) også inntre ved høyere konsentrasjoner. Akutt dødelighet representerer en ekstrem situasjon. Før akutt dødelighet inntre vil dyrene ofte foreta adferdsreaksjoner for å unngå oksygenstress. En typisk reaksjon er at sedimentlevende dyr kryper opp på sedimentoverflaten der de kan dra nytte av det noe høyere oksygennivået som ofte finnes der. Fisk er langt mer følsomme enn evertebrater i sediment.

I 1960 årene var tidvis Iddefjorden i enkelte partier hydrogensulfidholdig i hele vannmassen. Pakker med hydrogensulfidholdig vann kan også nå overflaten i forbindelse med dypvannsfornyelse (Knutzen 1986 med referanser, se også fig. 2.1.3). Etter utslippsreduksjonene fra treforedlingsindustrien på 70-tallet har de hydrogensulfidholdige vannmasser i hovedsak vært begrenset til nivåer under 15-20 m og utgjør derfor ikke lenger samme trussel for flora og fauna i øvre vannlag som tidligere. Fra 1977 og frem til ca 1979 så en at oksygenforholdene bedret seg ytterligere (Fig.2.1.3). I perioden 1977-82 i ytre del av fjorden (Ringdalsfjorden) ble hydrogensulfidholdig vann i hele vannvolumet fra overflatelaget (ca 5 m) og ned til bunnen kun registrert en gang (august/september 1977) og en pakke med hydrogensulfidholdig vann i overflaten ble registrert i august/september 1988 (Magnusson et al. 1983). I indre del av Iddefjorden hadde en hydrogensulfid i bunnvannet det meste av perioden 78-82 (Magnusson et al. 1983). I perioden 1980-83 så en ikke vesentlige forandringer i oksygenforholdene i fjorden og det ble antydnet at videre forbedring vill være avhengig av ytterligere rensetiltak (Magnusson et al. 1983).

Det har ikke vært mulig å skaffe systematisk innsamlede data for oksygenforholdene i Iddefjorden i perioden 82-90. Undersøkelser i 1991/92 (Skogen 1992a og b) viser at oksygenforholdene i indre del av Iddefjorden har forbedret seg betraktelig siden begynnelsen av 80-tallet (Fig. 2.1.4). Dette gjelder spesielt de intermediære dyp (5-25m) der en har vesentlig høyere verdier. De dypere bunnområdet har imidlertid fremdeles lave oksygenverdier (<0.7 ml/l) mesteparten av året og hydrogensulfid opptrer på høsten. Også i vannmassene utenfor Halden ser en forbedringer i oksygenforholdene siden begynnelsen av 80-tallet. Både i 1991 og 1992 var det høye oksygenverdier i alle dyp utenfor Svinesund. Først når en kom inn til området mellom Kinvsøyholmene og Brattøya ble det observert konsentrasjoner lavere enn 1 mg/l (=0.7 ml/l) i bunnvannet over lenger tid begge år. Oksygenanalysene viser imidlertid at fjorden fremdeles (1992) har et stort oksygenforbruk (Skogen, 1992b) ved bunnen. De forbedringene en har sett siden begynnelsen av 80 tallet og spesielt i det intermediære vannet henger trolig sammen med reduksjonen i utslipp av oksygenforbrukende substanser direkte. Oksygenforholdene i fjorden var dårligere våren 1992 enn 1991 og er antatt å skyldes dårligere utskiftning av dypvann (Skogen, 1992b). En må imidlertid anta at de forbedrede forhold i fjorden (siktedyp) har medført at potensialet for primærproduksjon har økt (øket dyp for nedre grense for netto primærproduksjon) etter at de store utslipp av suspendert materiale er blitt kraft redusert. Med de relativt store næringssaltmengder som tilføres via Tista (se rapport fra Landner) må en forvente at primærproduksjonen i fjorden har økt. Dette vil medføre en øket sedimentasjon av "naturlig" organisk materiale som vil kunne bremse på utviklingen av bedre oksygenforhold i fjorden. Sannsynlig vil denne effekten være størst i området innenfor Halden fordi overflatevannet hvor primærproduksjonen skjer her har den lengste oppholdstid og fordi vannutskiftningen i bunnvannet her skjer mer skjeldent.



Figur 2.1.3A. Oksygen forholdene i Iddefjorden innefor Halden (st. 2, Nordvest av Hälleholmen) i perioden 1977/78-1982 (etter Magnussson et al. 1993).



Figur 2.1.3B. Oksygen forholdene i Iddefjorden utenfor Halden (st. 5 vest av Knivsøyholmene) i perioden 1977/78-1982 (etter Magnusson et al. 1993).

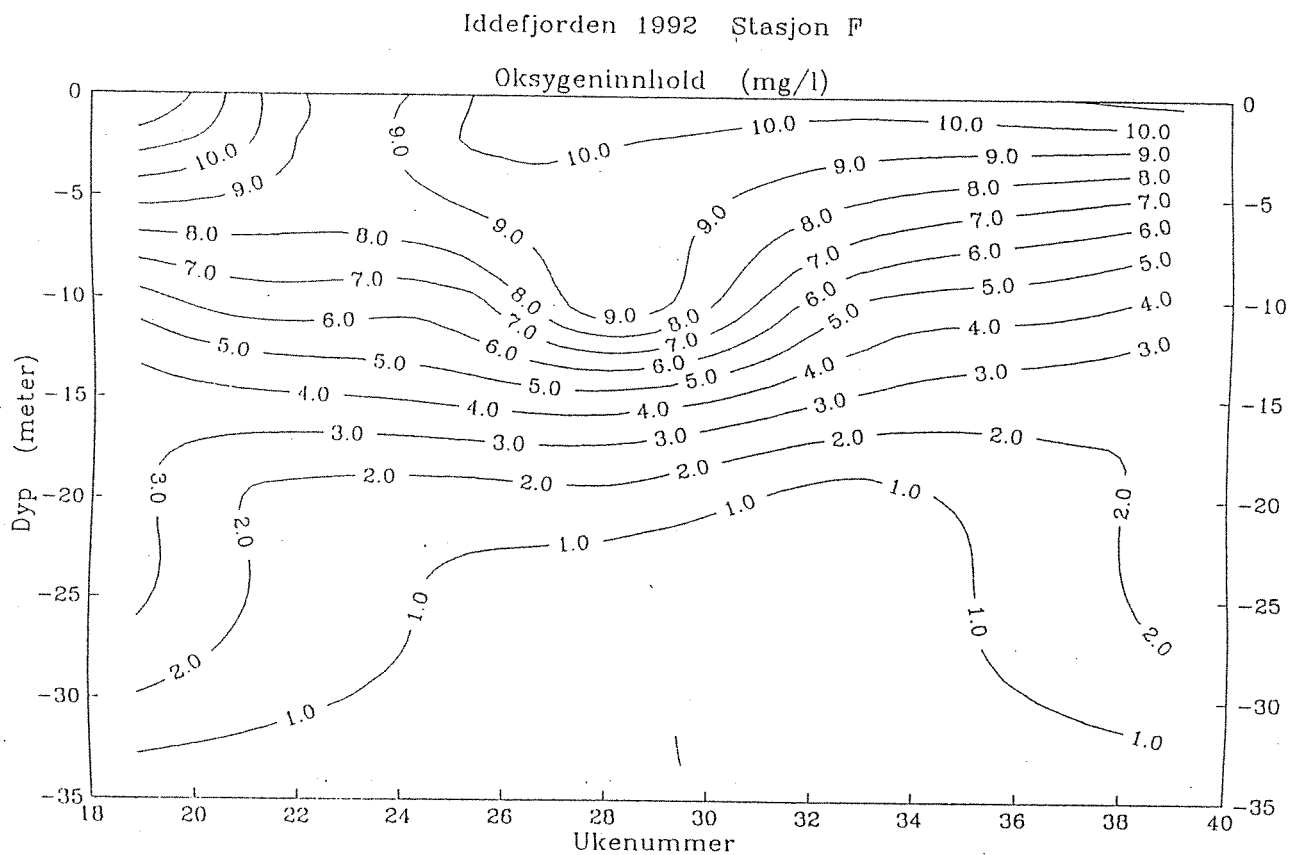
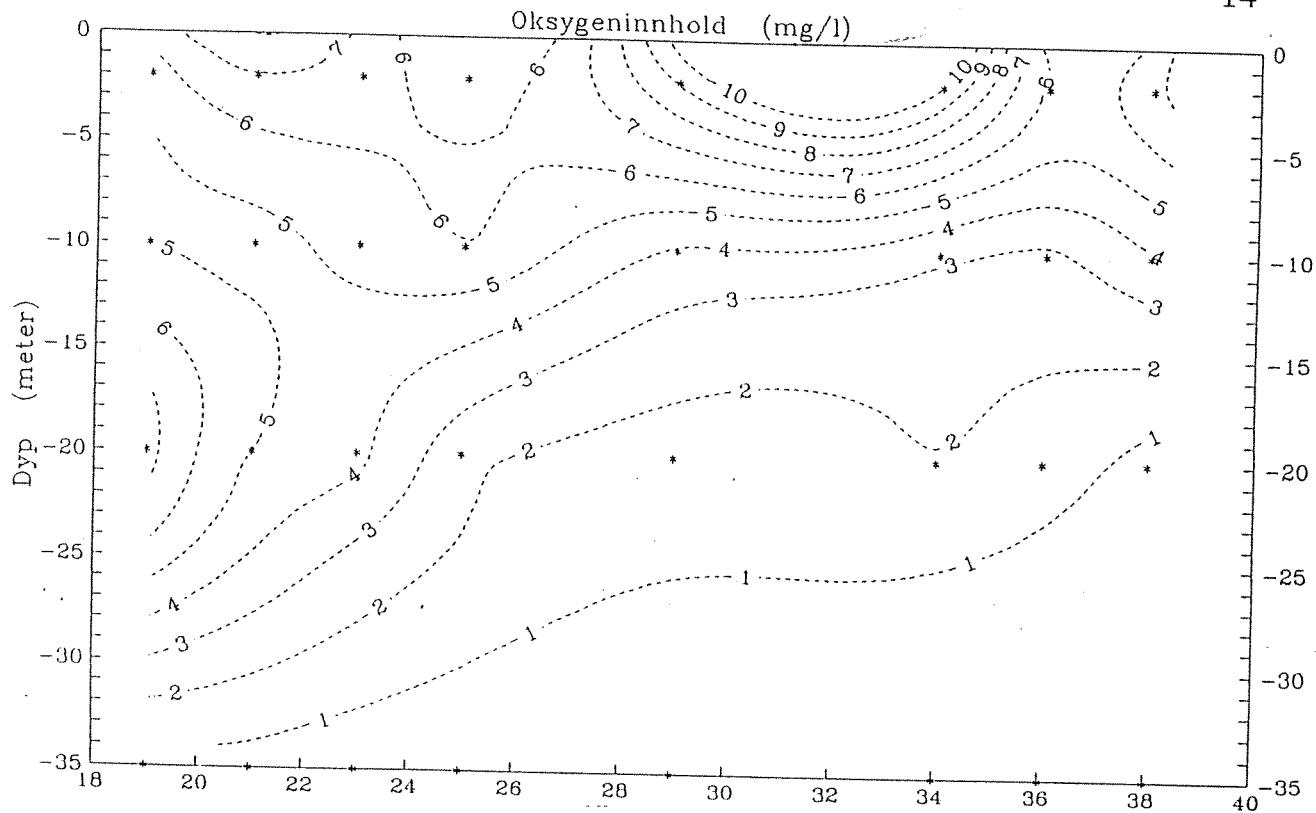


Fig. 2.1.4. Oksygeforholdene i indre del av Iddefjorden i 1991 og 1992. (Merk at målemetoden som er benyttet ikke kan spore tilstedeværelse av hydrogensulfid) (etter Skogen, 1992a og b).



## Næringssalter og klorofyll-a

Det finnes relativt få næringssalt- og klorofyll-målinger i vannet i Iddefjorden fra perioden før 1990. Det er imidlertid flere indikasjoner og målinger som viser at Iddefjorden både i dag og tidligere har hatt et eutrofi-problem. Blant annet ble det i 1982 registrert høye konsentrasjoner av klorofyll a ( $5-28 \mu\text{g/l}$  i perioden mai-september, Magnusson et al. 1983) og det ble målt konsentrasjoner av Tot. P og Tot. N tilsvarende  $27.5$  og  $740 \mu\text{g/l}$  i ytre del av fjorden (Løvstad et al. 1988). Dette er nivåer som for fosfor og spesielt nitrogen må karakteriseres som høye og langt fra forventet normal naturtilstand (cf. Rygg og Thélin, 1993).

Overflatevannet i Iddefjorden hadde også sommerstid i 1990-91 et høyt innhold av klorofyll-a (ca  $12 \mu\text{g/l}$ ) sammenlignet med andre stasjoner i Hvaler-området. Innholdet av Tot. P ( $22.5 \mu\text{g/l}$ ) og Tot. N ( $540 \mu\text{g/l}$ ) var også høyt (Magnusson og Sørensen, 1993).

Målinger av Tot. N i Tista oppstrøms Saugbrugsforeningen i 1991 og 1992 viser stabilt høye verdier (Skogen 1992a og b). I Iddefjorden ble det i samme tidsrom også målt relativt høye verdier av Tot. N. Målinger i Femsjøen (Tistas utspring) viser da også at en i perioden 1982-89 har hatt høye nivåer av Tot. N ( $590-800 \mu\text{g/l}$ ) mens fosfor var relativt sett lavere og sannsynligvis vekstbegrensende (Løvstad et al. 1990).

Ingen vesentlige endringer i næringssaltkonsentrasjonen ble målt i fjorden ved nedleggelsen av cellulosefabrikken i juli 1991 og viser at fabrikken i tiden umiddelbart før nedleggelse ikke har hatt noen betydning for næringssalts-situasjonen i fjorden. Fabrikken har imidlertid tidligere hatt et utslipp av polyfosfat. Forskjeller i vinter- og sommer-konsentrasjonen av næringssalter antyder at primærproduksjonen i Iddefjorden i vesentlig grad er fosforbegrenset (Magnusson og Sørensen, 1993). Utslipp av polyfosfat kan ha bidratt til øket primærproduksjon i perioder som ellers vil ha vært fosforbegrenset.

Tiden det tar for å fornye vannet i Iddefjorden er viktig for vurderingen av de effekter de ulike utslipp har for forurensingssituasjonen. I tillegg til utslippene fra Saugbrugsforeningen har Iddefjorden også tilførsler fra andre kilder (se rapport fra Landner). Slike kilder er elver (Tista, Berbyelva), kommunalt avløp og eventuell annen lokal forurensning fra bedrifter nær Halden. Når det gjelder tilførsel av suspendert stoff og KOF til Iddefjorden har Saugbrugsforeningen hatt en dominerende rolle i første halvdel av 80-tallet (Knutzen 1986). Også når det gjelder fosfor-forbindelser har bidraget fra Saugbrugsforeningen vært betydelig mens naturlige tilførsler og jordbruksavrenning dominerer tilførslene av nitrogenforbindelser. Kommunalt avløp ga et relativt lite bidrag til alle disse typer utslipp. Berbyelva har en gjennomsnittlig vannføring tilsvarende ca halvparten av Tista. En er ikke kjent med data som belyser tilførslene av KOF, Tot. P og Tot. N, via Berbyelva. På bakgrunn av vannføringsdata (årsmiddel  $=12 \text{ m}^3/\text{s}$ ) antar en at tilførslene er

vesentlig mindre enn fra Tista (årsmiddel 71-80=19.1 m<sup>3</sup>/s). Fylkesmannen i Østfold antyder at tilførslene av N og P fra Enningdalsvassdraget er i størrelsesorden halvparten av det som kommer ut via Haldenvassdraget (Anon. 1985).

### Bakterier - badevannskvalitet

Innholdet av bakterier i vannet er en viktig parameter for bestemmelse av vannets egnethet til bading. Dersom antall termotolerante koliforme bakterier (TKB) overskrider 100 /100 ml er vannet ikke godt egnet til friluftsbading (Sørensen og Baalsrud, 1994). Vanligvis stammer slike bakterier opprinnelig fra tarmen til pattedyr og blir ført ut i vassdrag og sjø via kloakk. Vanligvis forventes at 90-100% av disse skal være tarmbakterier av typen E. coli.

Situasjonen i Iddefjorden har imidlertid vært spesiell ved at Klebsiella-bakterier fra Saugbrugsforeningen sannsynligvis i perioder har utgjort hovedandelen av de termotolerante coliforme bakteriene (Ormerod, 1984). Klebsiella-bakterier kan bli termotolerante i varmt prosessvann i forbindelse med papirproduksjon. Klebsiella-bakterier finnes imidlertid også i tarmen hos varmblodige dyr men kan også vokse på ulike typer plantemateriale (flater av ferskt trevirke, bark i kontakt med vann, i avløpsvann fra sukkerroe- tekstil- og treforedlingsindustri) (Ormerod, 1987)

Undersøkelser i forbindelse med produksjonsstopp knyttet til ferieavvikling viser at en stor del av den mengden coliforme bakterier som registreres i Iddefjorden i virkeligheten er Klebsiella-bakterier (Ormerod, 1984, Knutzen, 1986). Betydningen for badevannskvaliteten av de relativt store mengder termotabile Klebsiella-bakterier i overflatevannet i Iddefjorden er usikker men har vist seg å kunne være kilde for enkelte infeksjonssykdommer (Goldreich og Rice 1985 etter Ormerod 1985). På bakgrunn av bakterietellinger i forbindelse med produksjonsstopp er det beregnet at det tar ca 2 døgn før mengden Klebsiella blir redusert med ca. 90 % i overflatevannet nær Halden og 4-5 km ut fjorden (Ormerod, 1994).

For alle årene i perioden 1979-85 lå innholdet av termotabile coliforme bakterier i vannet i store deler av Iddefjorden over det som er ansett for å tilfredsstillende god badevannskvalitet (se Knutzen, 1986). Omlegging av produksjonen i 1986 (overgang til tørr-rensing av tømmer) antas å ha redusert Klebsiella-belastningen i Iddefjorden vesentlig (Knutzen, 1986). Data som eventuelt bekrefter dette har ikke vært tilgjengelig.

### Flora og fauna i strandsonen

Organismer i strandsonen i Iddefjorden er dominert av marine arter i ytre del og ferskvannsarter i indre del. De relativt store salinitetsfluktasjoner, isskuring om vinteren og dårlige forhold for overvintring på dypere vann (lavt oksygeninnhold) utgjør ved siden av forurensningspåvirkning ytterligere et

stressmoment for organismer i strandsonen og bidrar også til å begrense fordelingen av de enkelte arter i fjorden.

Den eneste systematiske undersøkelse av Iddefjordens algevegetasjon før 1979 ble utført i 1972-1973 (Lein, Runess og Wiik, 1974). Undersøkelsen viste at det var en markert endring i flora fra ytre del av fjorden og innover. I ytre del inn til Svinesund hadde en overveiende marine arter. I området 3-4 km vest og syd for Halden ble det ikke registrert noen alger overhode og bare begroing med bakterier og sopp. Innenfor dette området fantes en del brakkvannstolerante blågrønnalger, en kransalge og dessuten et par arter av slekten Vaucheria. Det totale fravær av alger i området ved Halden kan vanskelig tolkes som annet enn en markert effekt av utslippene i dette området. Transplantasjonsforsøk antyder en giftvirkning av vannet i dette området (Lein, Runess og Wiik, 1974).

Også registreringer av faunaen i littoralsonen i perioden 1974-1978 (Afzelius, 1979) bekrefter markerte effekter i strandsonen i Iddefjorden idet området innefor Svinesund til Kungshällan (ca 6 km syd for Halden) i hovedsak var fri for littoralfauna. Blåskjell (Mytilus edulis) var ved siden av rur (Balanus improvisus) og børstemarken Nereis diversicolor de vanligste arter utenom dette området. Blåskjell fantes ved Svinesund og Knivsøyholmene ikke grunnere en ca 5 m mens de i indre område forekom allerede på 2 m dyp. Dette tyder på at det er forurensning og ikke saltholdighet som er utslagsgivende for at blåskjell ikke er registrert i midtre del av fjorden.

Hovedkonklusjonen for perioden ca 72-78 er at makroskopiske littoralsamfunn i midtre del av Iddefjorden er totalt fraværende og i hovedsak som en følge av nedslamming, redusert siktedyp og giftvirkning forårsaket av utslippene fra Saugbrugsforeningen.

Undersøkelsene i strandsonen 1980 antydte at forholdene både for alger og dyr hadde bedret seg noe (Efraimssen et al. 1982). Innergrensen for blæretang hadde rykket 1-2 km lenger inn i fjorden (fig.2.1.5). Innergrensen for blæretang på 1920-30 tallet var ved Skrivarøya 5-6 km syd for Halden (cf. opplysninger fra Afzelius 1979). Også andre alger rykket noe lenger inn i fjorden. Innenfor Svinesund var imidlertid algefloraen meget fattig og fremdeles betegnet som sterkt forurensningspreget. Også for littoralfaunaen ble det observert indikasjoner på forbedringer. Undersøkelser i strandsonen ble også foretatt i 1981-83 (Magnusson et al. 1982, 1983, Efraimssen et al. 1984). Ingen tydelige forbedringer i littoralsamfunn som kan knyttes til forurensningssituasjonen ble observert i denne periode i forhold til det som ble observert i 1980 selv om noen justeringer av indre voksegrense ble observert (Fig.2.1.5). Undersøkelsene stadfester imidlertid de forbedringene som en så i undersøkelsene i 1980 (Efraimssen et al. 1982).

Utslippsreduksjonene fra Saugbrugsforeningen i 1978 har altså klart ført til noen forbedringer i fjorden. Strandsonen i fjordens midtre del (Svinesund- noe innefor Halden) må imidlertid også i denne periode karakteriseres som meget fattig på littorale organismer. Selv om de fysiske/kjemiske forholdene i overflatelaget er betydelig forbedret siden slutten av 70-tallet har dette ikke vært nok til å etablere de organismesamfunn en skulle forvente å finne i midtre del av Iddefjorden. Utslipp fra Saugbrugsforeningen og dets veksthemmende

egenskaper er en delårsak til at reetablering av blant annet alger på begynnelsen av 80 tallet skjer langsomt og ujevnt (Knutzen, 1986). Selv om de fysisk/kjemiske forholdene i overflatelaget endrer seg relativt raskt etter en utslippsreduksjon (dager-uker) og er tydelig bedret siden 70 tallet, så vil potensielle innvandrere i fjærebeltet trenge en viss tid (1-flere år) til å etablere seg. Det er flere grunner til at reetablering av strandsamfunn har en viss treghet. Mest nærliggende er spredningsmulighetene for kimstadier og larver, samt at de lokale kjemisk/fysiske forholdene i strandsonen har en større treghet enn hovedvannmassene i overflatelaget, fordi en er avhengig av bortvasking/nedbrytning av tidligere deponert partikulær materiale fra tiden før utslippsreduksjonen. Den forbedringen en så allerede i 1980 og som ikke endret seg vesentlig utover første del av 80-tallet tyder imidlertid på at ytterligere forbedring vill kreve enda mindre utslippsmengder enn det som reelt ble sluppet ut på begynnelsen av 80 tallet.

Så vidt bekjent er det ikke gjennomført systematiske undersøkelser i littoralsonen i Iddefjorden i siste del av 80-tallet. I 1992 ble det imidlertid gjennomført en undersøkelse/befaring av Rueness og Wiik (upublisert toktrapport) med hovedvekt på bentiske alger. Undersøkelsen viste klare forbedringer i forhold til begynnelsen av 80 tallet. Mens det tidligere år i hovedsak ikke ble observert annet en blågrønnalger innefor Svinesund ble det på en av de presumptivt mest forurensede stasjoner (Brattøya) registrert hele 4 arter (Monostroma oxysperum, Cladophora sp. (cf. glomerata), Enteromorpha sp. og Ulothrix sp.). Det hadde også funnet sted en forskyvning av innergrensen av blæretang og sagtang (Fucus serratus). På brygga i Halden ble det også registrert forekomst av levende rur og blåskjell. Ved tidligere undersøkelser ved Halden er rur kun sporadisk blitt observert på 80 tallet mens blåskjell har vært fraværende. Hovedinntrykket etter befaringen var at det hadde foregått en markant forandring i mengde og utbredelse av de littorale alger. Det mest påfallende var den økte artsrikdommen innefor Svinesund. Forflytning av innergrensene for tangartene (fucacéer) innover fjorden støtter antagelsen av at utslippsreduksjonene har bedret forholdene i overflatelaget betydelig. De store forekomster av blågrønnalger i området fra Brattøya og noe utover viser imidlertid at den organiske forurensningen fortsatt er betydelig.

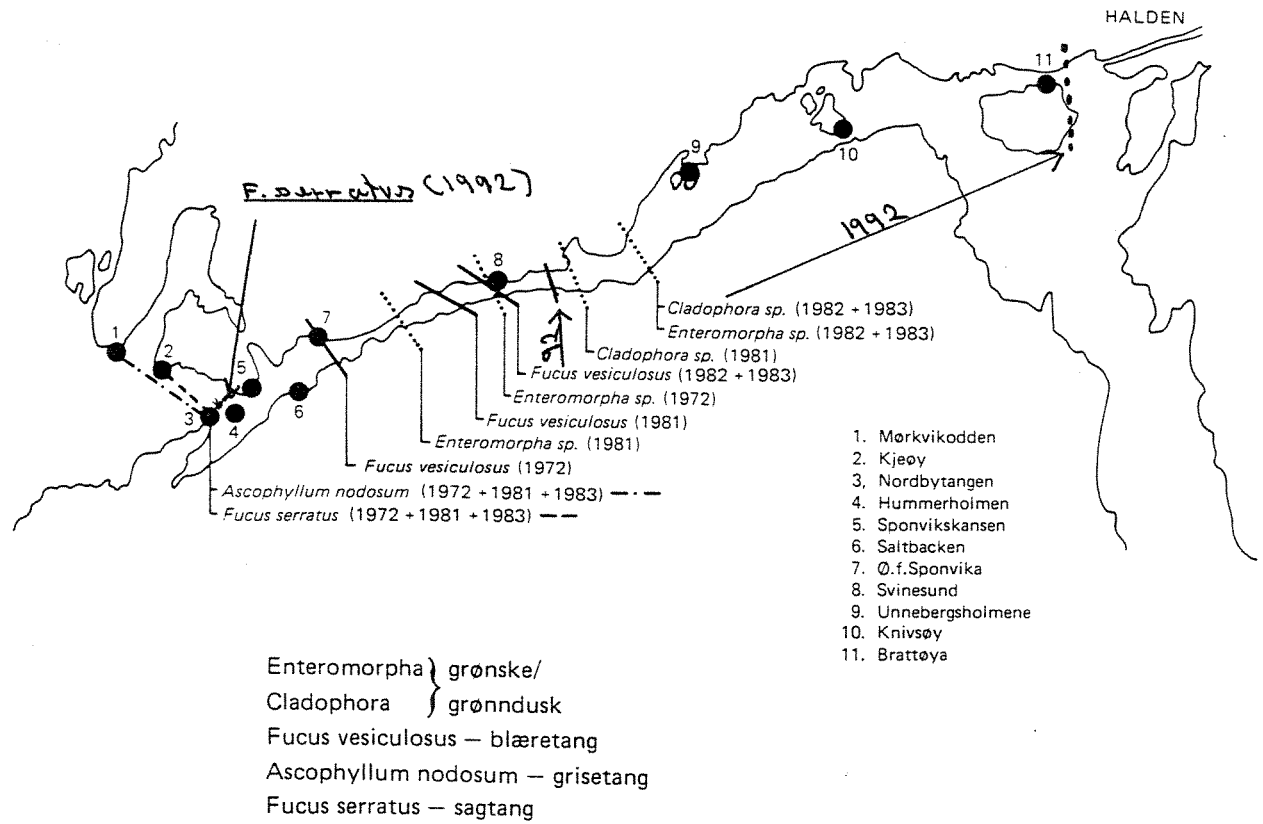


Fig. 2.1.5. Indre voksegrense for enkeltarter av fastsittende alger på ulike år (modifisert etter Efraimssen et al. 1984, data for 1992 fra Rueness og Wiik er også inkorporert).

### Plante og dyreliv på hardbunn under tidevannssonen

I Iddefjorden finnes sublittorale hardbunnsområder (fjell, stein) hovedsakelig på tersklene med relativt stor strømhastighet og på sterkt hellende partier av fjorden med fjell (Afzelius, 1979). Dette er begge områder hvor sedimenterende partikler ikke blir permanent deponert. Det finnes så vidt bekjent ikke pålitelige systematiserte data om forholdene på sublittoral hardbunn i Iddefjorden fra tiden før 1960 utenom undersøkelsen foretatt av Jägerskjöld på 20-30 tallet (referert i Afzelius, 1979). Disse antyder imidlertid at en på det tidspunkt hadde et vesentlig rikere samfunn i sublittoralen enn det som ble funnet i perioden 74-78 (Afzelius, 1979). Karakteristisk for sublittoralen i Iddefjorden er mangelen på en rekke makroalger som burde ha vært tilstede (Afzelius, 1979, Knutzen 1986). Hovedårsaken til at slike alger ikke fantes eller kun forekom sporadisk på 70-tallet er den kraftige reduksjonen av lyset forårsaket av partikulært materiale og farge i overflatevannet. Nedslamming kan imidlertid også være en medvirkende årsak.

En kjenner ikke undersøkelser av sublittorale algesamfunn i Iddefjorden på 80 tallet. Stereofotoregistreringer av faste avmerkede flater har vært gjennomført ved Kråkenebbet og Sponvikskansen i perioden 1978-93. Hovedkonklusjonen fra disse undersøkelser i perioden 1978-83 var at det fra 1978 til 1980 var inntrått en viss forbedring men at det frem til 1983 ikke var noen bestemt trend (Magnusson et al. 1982, 1993, Efraimsen et al. 1984, Knutzen, 1986). Også undersøkelser foretatt i regi av Tjärnö Marinbiologiska Laboratorium bekrefter at det fant sted forbedringer på sublittoral hardbunn i perioden 78-80. Materialet fra de senere års stereofoto-undersøkelser er ikke bearbeidet kvantitativt. En foreløpig enkel kvalitativ gjennomgang av billedmaterialet fra 1992 tyder imidlertid ikke på vesentlige forskjeller fra det som en har sett tidligere år (Berge og Helland, 1993)

### Fisk og fiskerier

Sannsynligvis hadde Iddefjorden på 70 tallet ingen egen fiskefauna utenom i de aller ytterste og innerste delene. Fiskedød både i og utenfor fangstredskap var også hyppig forekommende (Dybern 1992 etter Knutzen 1986). Naturlig nok har en et sterkt innslag av ferskvannsfisk i den innerste delen av Iddefjorden mens fjordens ytre del er mer preget av marine fisk (Knutzen 1986 med referanser).

Tidvis har det forekommet at området nær Halden har vært nærmest fisketomme. Forholdene der må på 70 og begynnelsen av 80 tallet betraktes som marginale for fisk, på grunn av de tidvis dårlige oksygenforholdene spesielt i de dypere deler av fjorden kombinert med islegging vinterstid. En vesentlig del av den fisken som på 70 og begynnelsen av 80-tallet er registrert i fjorden har sannsynligvis kommet inn utenfra i gunstige perioder. Kommersiell fiske etter ål i ytre del av fjorden (Ringdalsfjorden) ble oppgitt i 1978 pga. hyppig fiskedød under oppbevaring. Fritidsfiske har foregått i innerste og ytterste del av fjorden både på 70- og 80-tallet. I hvilken grad

fritidsfiske har forekommet i midtre del av fjorden er usikkert men må antas å være begrenset pga de dårlige forholdene der (spesielt oksygeninnhold). I 1992 var det mulig å fange torsk ved Brattøya og ål i nedre del av Tista og i Havnebassenget i Halden (Berge og Helland, 1993).

Miljøgiftinnholdet i fisk fra Iddefjorden er dårlig undersøkt. I 1980 ble ål fra Haldensområde og hvitling fra Sponvika-området analysert for total mengde klor og enkelte klorerte hydrokarboner typisk for klorblekerier (Carlberg et al. 1982). I begge fiskeslag ble det funnet klororganiske forbindelser som kan tilskrives utslipp fra treforedlingsindustrien. De høyeste konsentrasjoner ble funnet i ål som lever i nær kontakt med sedimentet og som også tar deler av sin næring fra organismer som lever i tilknytning til dette. Analyse av total mengde klor i fisken etter svovelsyrebehandling antyder at andelen av persistente klororganiske forbindelser var liten. Undersøkelser av torsk og ål i 1992 bekrefter at syrepersistente forbindelser (eksempelvis PCDD/F og PCB) ikke utgjør noe vesentlig miljøproblem i Iddefjorden (Berge og Helland, 1993). Flere av disse syrepersistente forbindelsene (PCB) er ikke direkte treforedlingsrelaterte. Martinsen et al 1993 har imidlertid analysert innholdet av ulike former for ikke persistent organisk bundet klor (EOCl, EPOCl, klorerte fettsyrer, klorerte fenoler og -guajakoler samt andre haloformer i biota) som er treforedlingsrelaterte. Disse analyser viser at biota fra Iddefjorden inneholder tildels betydelig mengder organisk bundet klor og at syrepersistente forbindelser utgjør en liten del av den totale mengde klor. Undersøkelsene viste videre at klor var innlagret i fiskefett i form av klorerte fettsyrer.

Når det gjelder miljøgifter i biota har en ikke tilstrekkelige historiske data fra perioden før 1989 til å kunne påpeke åpenbare forbedringer. Imidlertid er de nivåer av metaller og syrebestandige klororganiske forbindelser som ble registrert i torsk, ål og krabbe i 1991/92 (Berge og Helland, 1993) så lave at en kan karakterisere området som lite eller moderat belastet av metaller og persistente klororganiske forbindelser. Dette antyder en forbedring eller at de analyserte metaller og persistente organiske miljøgifter tidligere ikke har vært noe alvorlig miljøproblem.

Undersøkelsene til Martinsen et al. (1993) tyder imidlertid på at fisk i området er til dels betydelig påvirket av treforedlingsrelaterte forbindelser og at disse hovedsakelig ligger lagret i fett som klorerte fettsyrer.

Effekten av slike ikke-persistente klorholdige forbindelser i det marine miljø og på personer som måtte spise slik fisk er lite kjent og en vet ikke i hvilken grad disse utgjør en trussel. En har imidlertid funnet at fettfraksjonen i ål fra Iddefjorden inneholder komponenter som i testsystemer kan gi biologiske effekter på klekking av sebrafisk og øket dødelighet hos blåskjell (Håkansson et al. 1991).

## Miljøgifter i sediment

Innholdet av miljøgifter i sediment i Iddefjorden er undersøkt i 1971 (Olausson, 1972), 1977 (Knutzen et al. 1978), 1980 (Carlberg et al. 1981), 1990 (Hektoen et al. 1992) og i 1992 (Berge et al. 1993, Martinsen et al. 1993). Sedimentene i Iddefjorden har generelt et høyt innhold av organisk materiale. De høyeste konsentrasjoner ble både i 1977 og i 1991 funnet nær Halden. Det ble funnet små endringer i organisk innhold i sedimentet mellom 1977 og 1991. Den store mengden organisk materiale i sedimentet i Iddefjorden skyldes i hovedsak akkumulering av trefiber og andre substanser i utslipp fra treforedlingsindustrien i Halden (Knutzen et al. 1978). Nærinsalttilgangen fra kloakk og Tista har imidlertid også sannsynligvis hatt noe betydning. En må anta at den relative betydningen av dette er blitt større i takt med utslippsreduksjonene fra industrien.

Mektigheten av fiberavsetninger (innerst også bark og sagflis) er sterkt varierende (Knutzen, 1986). Nærmest Halden kan det dreie seg om metertykke lag og det har tidligere vært nødvendig med mudring for å opprettholde naturlig havnevirksomhet (se Knutzen, 1986).

Anoksiske sedimenter nær Halden har sannsynligvis vært hyppig forekommende. Gassbobler i sedimentet ble observert nær Halden i 1980 og 1991. Slike gassbobler kan bidra til at fibermateriale fra tid til annen flyter til overflaten.

På grunn av stratifisering vil innholdet av miljøgifter i de ulike dyp i sedimentet reflekterer utslipp av metaller og organisk materiale til resipienten på ulike tidspunkt. Ved å tidfeste ulike lag i sedimentet har det på denne måten og tross den lave undersøkelsesfrekvensen, vært mulig å danne seg et mer nyansert bilde av forurensningshistoren i fjorden for enkelte miljøgifter (hovedsakelig metaller).

Tilførsler av metaller til Iddefjorden kommer i hovedsak fra utslipp av kisaske og fra treforedlingsindustriens bruk av kvikksølv som slimbekjempningsmidler i perioden 1964-68. Utslipp fra annen industri i Halden-området (eksempelvis batteriproduksjon) kan imidlertid også ha gitt et visst bidrag. Utslipppet av kisaske lå i gjennomsnitt noe under 100 t pr år i perioden 1910-1950 for så å øke til et maksimum på 800-1000 t/år på 70-tallet. Utslipp av kisaske opphørte i 1978 (Knutzen 1986)

Sedimentundersøkelsene viser at det generelt har vært en reduksjon i metallinnholdet i overflatesedimentet siden slutten av 70-tallet og at denne reduksjonen er i overensstemmelse med utslippstall fra treforedlingsindustrien. Undersøkelsene viser at bly og kobber ble tilført i størst mengder til fjorden på midten av 60 og 70 tallet. Fra midten av 80 årene var det en markert nedgang i konsentrasjonen av begge metaller, og denne utviklingen har holdt seg frem til de siste undersøkelser i 1992. Konsentrasjonen av kvikksølv i sediment hadde et maksimum på midten av 60-tallet for så å avta frem til i dag (Fig. 2.1.6). Konsentrasjonen av kadmium i overflatesedimentet var størst rundt ca. 1970.

Reduksjonen i metallinnhold i overflatesedimentet var størst nærmest Halden. Årsaken til dette er at er størst og derfor fører til en raskere tildekking enn



lenger ut i fjorden. Dette har ført til at fordelingsmønstrer har forandret seg. I 1977 fant en de høyeste konsentrasjonen i overflatesedimentet nærmest Halden mens en i 1992 fant de høyeste konsentrasjoner nær Svinesund. På bakgrunn av undersøkelsene i 1992 kunne en karakterisere fjorden som lite til moderat forurenset av kobber, sink, kvikksølv, krom og bly (unntatt en stasjon ved Svinesund som ble karakterisert som forurenset).

I hovedsak fant en i 1992 i sediment i Iddefjorden lave eller moderate konsentrasjoner av klororganiske forbindelser som ikke kan knyttes direkte til treforedlingsindustrien (PCB, alfa-HCH, lindan, gamma-HCH, p,p-DDE, p,p-DDD) (Berge og Helland, 1993). Også innholdet av dioksiner og furaner som tildels har vært knyttet til treforedlingsindustri var lavt.

I utslippet fra treforedlingsindustri (blekeriavlut) er det imidlertid en rekke andre klorerte forbindelser som er funnet i sediment og i til dels meget høye konsentrasjoner (Carlberg 1992, Martinsen et al. 1993). Undersøkelsene i 1980 tyder på at de største utslippene av klororganiske forbindelser fant sted rundt 1976-77 og at nedbrytning foregår forholdsvis langsomt (Carlberg et al. 1981).

Martinsen et al. (1993) konkluderer med at forurensningsnivået av treforedlingsrelaterte klorholdige forbindelser var det samme i 1992 som i 1987. Undersøkelsene i 1992 viser at en i ytre del av fjorden har tilnærmet de samme konsentrasjonene av ekstraherbart organisk klor (EOCl) i overflatesedimentet (0-2 cm) som lenger ned (2-4 cm), mens en ved Halden har en klar reduksjon i overflatelaget. Dette kan tyde på at overdekking ved sedimentasjon i Halden-området også har ført til en viss nedgang i konsentrasjon for enkelte komponentgrupper. For en del andre klororganiske forbindelser så en imidlertid ingen slik tendens til reduksjon. Som hovedkonklusjon kan en imidlertid slå fast at Iddefjordens overflatesedimenter fremdeles er påvirket av tidligere utslipp av klororganiske forbindelser. Saugbrugsforeningens utslipp av blekeriavlut lå stabilt på rundt 6000 t/år i perioden 75-85, noe høyere før denne periode og opphørte i 1991. Bedriften har hatt en egen utslippsgrense for klor. Ifølge saksdomumentene (Dok. nr. 8) har denne utslippsgrense aldri vært overskredet.

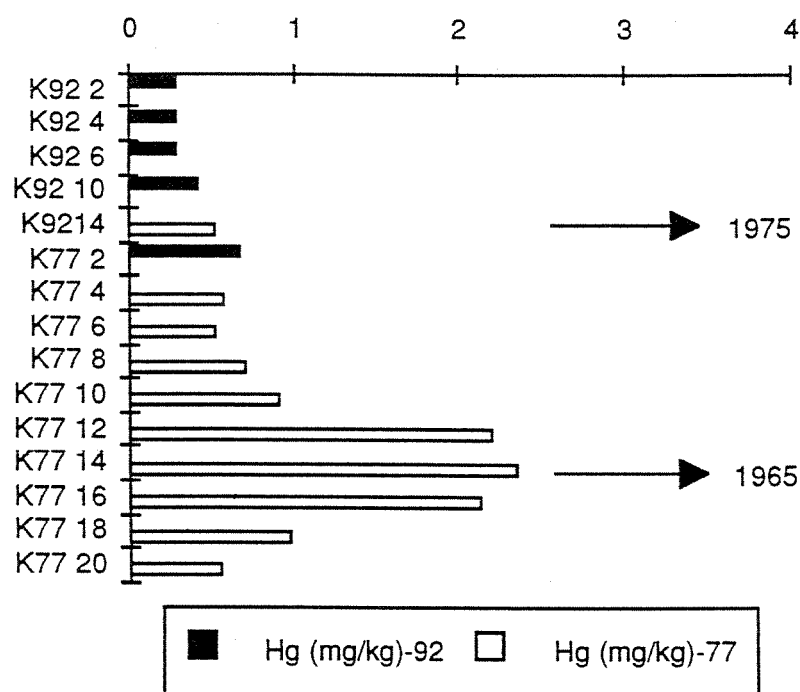


Fig. 2.1.6. Kvikksølv (Hg) i ulike dyp av sediment fra Iddefjorden. Antatt tidspunkt for deponering av analysert sediment er angitt (Berge og Helland, 1993). K92 2 representerer en prøve tatt ved sedimentoverflaten i 1992, K77 20 representerer en prøve tatt ca 20 cm ned i sedimentet i 1977.

### Bløtbunnsfauna

Iddefjordens topografi tilsier at bløtbunnsfaunaen i dypområdene er relativt sårbar for tilførsel av organisk materiale som forbruker oksygen i bunnvannet. Tilførsler av slike forbindelser kan skyldes sedimentering av organisk materiale fra pelagisk primærproduksjon, naturlig tilførsel av organisk materiale av terrestrisk opprinnelse samt tilførsel av organisk stoff fra industriell virksomhet. På bakgrunn av undersøkelser og sammenfattninger foretatt i regi av Tjärnö Marinbiologiska Laboratorium har en kunnet danne seg et bilde av situasjonen på bunnen i Iddefjorden. I 1925 hadde en levende havbunn i hele fjorden mens en i 1975 hadde død havbunn i tilnærmet hele fjorden innefor Svinesund. Forholdene bedret seg noe i 1985, men også da hadde en død bunn i dypområdene innenfor Svinesund mens grunnområdene hadde bedret seg. I 1991 ble det observert ytterligere en forbedring. Død havbunn var da hovedsakelig begrenset til området nær Halden. En ytterligere forbedringen ble registrert i 1993.

Forbedringene som ble observert fra 1975 kan i grove trekk forklares ved reduksjon i tilførslene av suspendert materiale til fjorden og faller sammen med hovedtrekkene i utviklingen av siktedypet i fjorden (Fig.2.1.2) og er dessuten i tråd med det en har sett i andre områder der utslipp fra treforedlingsindustri har endret seg. Den videre utvikling av bunnfaunaen i

Iddefjorden vil blant annet være avhengig av hvor meget av primærproduksjonen som når bunnen. Ved økende primærproduksjon regner en at andelen som når bunnen vil øke. På den annen side vil den relativt lave oppholdstid på overflatevannet i ytre del av fjorden (Tabell 2.1.1) muligens medføre noe begrenset tid for utsynking der. Eutrofisituasjonen i området er sannsynligvis vesensforskjellig fra det en hadde rundt 1925 da de første bløtbunnsundersøkelser ble gjennomført i Iddefjorden (Jägerskjöld, 1971). Dette betyr at selv dersom alle industrielle utslipp til Iddefjord opphørte så er det ikke sikkert at forholdene i dypområdet ville bli som i 1925. De forbedringene en har sett i bunnfaunaen de senere år og som faller sammen med utslippsreduksjonene tyder imidlertid på at utslippene så langt har hatt en dominerende rolle.

### Bunnforhold og båttrafikk

Mektigheten av fiberavsetningene i resipienten er meget varierende. I Tistas nedre del og ellers i munningsområdet kan det dreie seg om metertykke lag som har medført at en har måttet gjennomføre flere muddringer. Tilslamming har både for småbåttrafikk og for småbåthavner vært generende, særlig i nedre del av Tista (Knutzen, 1994)

## 2.2 Virkninger av de samlede utslipp på fjorden på kvaliteter som kan utnyttes av allmennheten

Viktige kvaliteter som kan utnyttes av allmennheten er i hovedsak knyttet til friluftsliv langs og på Iddefjorden og sjøområdet utenfor, friluftsbad og rekreasjon samt fritidsfiske. I det følgende vil en gjennomgå de kvaliteter som allmennheten kan utnytte i fjorden og som kan tenkes å være påvirket av de samlede utslipp.

### Friluftsliv

Utslipp til fjorden kan potensielt påvirker strandsonen samt fjordens totale vannmasser og bunnareal. Friluftsliv langs og på fjorden innebærer turgåing i strandkanten, strandopphold og bruk av fritidsbåter. Dette er alle aktiviteter hvor fjordens miljøkvalitet har betydning for trivsel, naturopplevelse og om folk i det hele tatt bruker området til slike aktiviteter. Slik aktivitet forutsetter nødvendigvis ikke direkte kontakt med vannet, men fjordens samlede miljøtilstand og særlig forholdene i overflatelaget vil være avgjørende for både naturopplevelse og rekreasjonsverdi. I dette ligger ikke bare de objektive forhold, men også allmennhetens generelle oppfatning av naturmiljøet i fjorden (renommé) selv om dette ikke nødvendigvis bygger på realiteter.

SFTs miljøklassifisering (Sørensen og Baalsrud, 1994) angir følgende parametere som kan måles i vann og som er viktige for brukerinteresser knyttet til friluftsliv langs sjøen:

Total fosfor  
Total nitrogen  
Klorofyll a  
Siktedyp

I tillegg vil estetiske forhold i strandsonen (nedslamming, tilstedeværelse av naturlig flora og fauna, flytstoffer, skumdannelse) samt lukt være slike kvaliteter. Det er ofte en sammenheng mellom vannets og strandens tilstand, slik at vannkvalitetsparametere også kan gjenspeile strandens egnethet. For egnethet til friluftsliv langs sjøen har SFT satt opp kriterier (Tabell 2.2.1)

Tabell 2.2.1 Egnethetsklasser for friluftsliv langs sjøen basert på vannkvalitetsparametere i overflatelaget (etter Sørensen og Baalsrud, 1994).

Parameter	Godt egnet	Egnet	Mindre egnet	Ikke egnet
Total fosfor (vintersituasjon) ( $\mu\text{gP/l}$ )	<25	25-42	42-69	>60
Total nitrogen (vintersituasjon) ( $\mu\text{g N/l}$ )	<380	380-560	560-1300	>1300
Klorofyll a (sommersituasjon) ( $\mu\text{g/l}$ )	<3.4	3.4-7.3	7.3-20	>20
Siktedyp (sommersituasjon)	>4.5	4.5-2.5	<2.5	-

På bakgrunn av siktedypmålinger og kriterier for siktedyp (Fig. 2.1.2) er det åpenbart at de samlede utslipp til fjorden har gjort store deler av fjorden mindre egnet til friluftsliv. Med forbehold om at en ikke har siktedypmålinger for årene 86-89 er det først i 1991 at en ved Svinesund har gjennomsnittlige siktedypmålinger som gjør vannet egnet (siktedyp 4.5-2.5 m) for friluftsliv langs sjøen. For de øvrige parametere har en ikke så gode data. Basert på egnethetskriteriene for klorofyll a og målinger i 1982 (Magnusson et al. 1983) er fjorden store deler av sommeren mindre egnet til friluftsliv langs sjøen (Klorofyll-a 7.3-20  $\mu\text{g/l}$ ) og enkelte perioder ikke egnet (Klorofyll-a >20  $\mu\text{g/l}$ ). Kriterieverdiene for næringssaltene er basert på målinger under en vintersituasjon. Slike data har ikke vært tilgjengelig. De høye nitrogenverdiene funnet sommerstid tilsier imidlertid at også denne parameter kan ha påvirket egnethet for friluftsliv langs sjøen i negativ retning.

Virkingen av de samlede utslipp på de estetiske kvaliteter er mer vanskelig å vurdere, men er sannsynligvis vel så viktige. De estetiske forholdene (tilstedeværelse av et "naturlig" alge- og dyresamfunn i strandsonen) er imidlertid i vesentlig grad en funksjon av parameterene i tabell 2.2.1. Av spesielle forhold i Iddefjorden som kan ha påvirket estetiske kvaliteter er den kraftige skumdannelsen en tidligere så i kjølvannet etter båter og som kan ha virket forsterkende på "renommé effekten", svak lukt av "tallolje" i overflatevannet samt at det er observert at fibermatter flyter til overflaten.

Deler av Iddefjorden er lite tilgjengelig blant annet p.g.a bratt adkomst. Friluftsliv langs sjøen vil selvfølgelig være lite aktuelt i slike områder uansett vannkvalitet. Slike områder vil imidlertid være tilgjengelig for småbåttbrukere.

### Friluftsbad og rekreasjon

Friluftsbad, vannsportsaktiviteter (seilbrett, dykking, vannski) og annen aktivitet som innebærer kontakt med vann (barns opphold og lek i strandsonen, leting etter småorganismer) fordrer høye krav til miljøet og god vannkvalitet.

På samme måte som for egnethet til friluftsliv langs sjøen har SFT satt opp miljøkriterier for vannets egnethet til friluftsbad og rekreasjon (Tabell 2.2.2). Generelt er kriteriene noe strengere for aktiviteter som er knyttet til kontakt med vann enn til friluftsliv langs fjorden

Tabell 2.2.2 Egnethetsklasser for friluftsbad og rekreasjon basert på vannkvalitetsparametere i overflatelaget (etter Sørensen og Baalsrud, 1994).

Parameter	Godt egnet	Egnet	Mindre egnet	Ikke egnet
Total fosfor (vintersituasjon) (µgP/l)	<21	21-25	25-42	>42
Total nitrogen (vintersituasjon) (µg N/l)	<295	295-380	380-560	>560
Klorofyll a (sommersituasjon) (µg/l)	<1.9	1.9-3.4	3.4-7.3	>7.3
Siktedyp (sommersituasjon)	>6.2	6.2-4.5	4.5-2.5	<2.5
Termotolerante koliforme bakterier (TKB/100 ml)	-	<100	100-1000	>1000

På bakgrunn av siktedypsmålinger (Fig. 2.1.1) og kriterier for siktedyp (Tabell 2.2.2) er det åpenbart at de samlede utslipp har gjort at store deler av fjorden ikke har vært egnet til friluftsbading og rekreasjon. Med forbehold om at en ikke har siktedypsmålinger for årene 86-89 er det først i 1991 at en har gjennomsnittlige siktedypsmålinger som gjør at vannet skifter tilstandsklasse fra ikke egnet til mindre egnet. Det dårlige siktedype t i fjorden har også påvirket områdets verdi for aktiviteter som fritidsdykking.

Basert på egnethetskriteriene for klorofyll a og målinger i 1982 (Magnusson et al. 1983) er fjorden store deler av sommeren uegnet til fritidsbading (Klorofyll-a >7.3 µg/l). Sannsynligvis er dette en situasjon som har vært rimelig stabil frem til 1991/92 hvor det sommerstid ble målt ca. 12 µg/l klorofyll-a i overflatevannet nær Svinesund. Bruk av kriterieverdiene for termotolerante koliforme bakterier er problematiske for Iddefjorden p.g.a. det store innslaget av Klebsiella-bakterier som inngår i tellingene (se kap. 2.1). Telling av bakterier i Iddefjorden i perioden 1979-85 (Knutzen, 1986) antyder at store deler av fjorden var mindre egnet til fritidsbad i hele perioden og kun området innerst i fjorden (Skrivarøy) hadde så lave bakteriemengder at fjorden kunne karakteriseres som egnet til friluftsbading og rekreasjon. Ved Halden var vannet på bakgrunn av bakterietellinger og kriteriene i tabell 2.2.2 uegnet til bading i årene 1979, 1983 og 1985.

Det er åpenbart at den sparsomme fauna og flora i strandsonen (se kap. 2.1) har påvirket kvaliteter knyttet til barns opphold og lek i strandsonen .

### Fritidsfiske

En forutsetning for fritidsfiske er at det finnes et tilstrekkelig ressursgrunnlag. Et slikt ressursgrunnlag kan være basert på stedegne populasjoner av fisk, innsig av fisk som i hovedsak kommer fra andre fjord- eller havområder og fisk som er på vandring gjennom fjordsystemet (eksempelvis laks og ål). Alle typer fisk er selvfølgelig avhengig av at vannet ikke er akutt giftig. Hydrogensulfid i vannet medfører akutt dødelighet hos fisk og er derfor uforenelig med fritidsfiske. Fisk som skal oppholde seg i fjorden i noen tid er avhengig at det finnes tilstrekkelig med næringsorganismer. Dette betyr at miljøforholdene også må tillate at byttedyrene til fisken har tilfredsstillende leveforhold. Hydrogensulfid i vannet medfører "råtten bunn" uten bunndyrsorganismer for fisk. De effekter en har sett på bløtbunnsfauna (kap. 2.1) tilsier at næringsgrunnlaget for fisk som ernærer seg fra organismer i sediment på dypere vann har vært begrenset. Den sparsomme mengden med organismer på grunt vann medfører at også denne delen av fjorden har få byttedyr for fisk. Stedegne populasjoner må i tillegg ha forhold som gjør reproduksjon mulig. Disse forhold innvirker på fisken direkte. Eventuelle estetiske og funksjonelle ulemper må imidlertid også tas i betraktning. Blant annet er nedslamming og begroing på fiskeredskaper forhold som gjør at området blir mindre attraktivt for fritidsfiskere. For at et område skal kunne benyttes fullt ut til fritidsfiske må det også fremstå uten betydelige miljøgiftproblemer og ikke være vesentlig belastet med dårlig "renommé".

SFT har på basis av miljøgiftinnhold i organismer og vannkvalitetsparametere gitt en klassifisering av egnethet til yrkesfiske og fritidsfiske (Tabell 2.2.3)

Tabell 2.2.3 Egnethetsklasser for fiske i et område basert på miljøgiftinnhold i organismer og vannkvalitetsparametere (etter Sørensen og Baalsrud, 1994, alle parametere er ikke tatt med).

Parameter	Godt egnet	Egnet	Mindre egnet	Ikke egnet
Total fosfor (vintersituasjon, overflate) ( $\mu\text{gP/l}$ )	<25	25-42	42-60	>60
Total nitrogen (vintersituasjon, overflate) ( $\mu\text{g N/l}$ )	<380	380-560	560-1300	>1300
Klorofyll a (sommersituasjon, overflate) ( $\mu\text{g/l}$ )	<3.4	3.4-7.3	7.3-20	>20
Oksygen i dypvannet, middelvedi (ml/l)	<5.3	5.3-3.8	3.8-0	H <sub>2</sub> S
Oksygen i dypvannet, minimum (ml/l)	<3.5	3.5-1	1-0	H <sub>2</sub> S
Kvikksølv i torskefilet (mg/kg v.v.)	<0.1	0.1-0.3	0.3-0.5	>0.5
TCDD ekv. i blåskjell (ng/kg v.v.)	<0.3	0.3-1	1-3	>3
TCDD ekv. i torskefilet (ng/kg v.v.)	<0.2	0.2-0.5	0.5-2	>2

Det er i først rekke de dårlige oksygenforholdene i Iddefjorden som har påvirket mulighetene for fritidsfiske i Iddefjorden. Sammenligner man kriterier for egnet het (Tabell 2.2.3) med oksygenmålinger i indre fjord i perioden 1978-1982 (fig. 2.3.2) ser en at dette fjordpartiet i mesteparten av perioden kan karakteriseres som uegnet til fritidsfiske. Ytre del av fjorden i faller i hovedsak inn under kategorien "mindre egnet" men en også dette partiet kan i perioder karakteriseres som "uegnet". Selv etter forbedringen i oksygensituasjonen i 1991/92 sammenlignet med perioden 77/79-82 kan det opptrer situasjoner på høsten innefor Svinesund hvor bunnvannet har oksygenkonsentrasjoner under 1 ml/l (dvs. mindre egnet til fritidsfiske). De forbedrede oksygenforholdene i midlere dyp har imidlertid lagt forholdene mer til rette for episodisk opptreden, muligens også permanent forekomst av pelagiske fiskearter. Enkelte observasjoner som er gjort den senere tid tyder på en relativt stor fiskerikdom i fjorden i dag (Anon. 1994)

Næringstilgangen for bunnlevende fisk vil sannsynligvis ennå være begrenset, særlig i området innenfor Halden der oksygenforholdene i bunnvannet fremdeles er dårlige. En skulle også anta at en etterhvert vil få en rikere fiskefauna i midlere dyp og på grunt vann. Muligens vil også fiske etter ål kunne ta seg opp. De forbedrede oksygenforhold i midlere dyp tilsier at den tidligere observerte fiskedød i fangstredskaper og (oppbevaringsruser) nå er mindre sannsynlig. Belegg og begroing på redskap som står grunt og som står ute lenge vil fremdeles kunne vær et problem p.g.a. de relativt høye



næringsalkonsentrasjoner i vannet og fordi siktedypet har økt og dermed tillater netto vekst av alger på noe dypere vann.

De analyserte miljøgifter (metaller, PCB, PCDF/D, div biocider) i fisk innfanget i Iddefjorden i 1989 og 1992 (Berge 1991, Berge og Helland 1993) tilsier ikke vesentlige begrensninger når det gjelder områdets egnethet til fritidsfiske. Riktignok er det antydninger om at nivåene av PCDF/D er noe forhøyet i torsk, ål fra Sponvika og blåskjell (innfanget ved Sponvikskansen utenfor Iddefjordens munning). Verdiene funnet i blåskjell (0.9 ng/kg v.v.) ville ha gitt området karakteristikken "egnet" mht. fritidsfiske. Tilsvarende analyser for organismer fra Iddefjorden foreligger ikke for tidligere år. Iddefjorden står imidlertid ikke på listen fra Statens næringsmiddeltilsyn (SNT) over kystnære farvann med kostholdsrad i dag. Fisk med et lavt miljøgiftinnhold er en kvalitet som allmennheten nyter godt av blant annet ved fritidsfiske til matauk. Kun et meget begrenset omfang av historiske data foreligger for miljøgifter i organismer i Iddefjorden. En kan derfor ikke med sikkerhet si om nivåene har vært så høye at kvaliteter allmennheten kan nyttegjøre seg av har vært skadelidende. De forhøyde nivåer en har sett av treforedlingsrelaterte komponenter både i 1980 og 1992 tilsier at fisk har vært berørt og fremdeles bærer spor av tidligere utslipp. Dette forhold kan ha gitt området et negativt renommé dersom tilstrekkelig kjent. En antar imidlertid at en eventuell effekt av disse overkonsentrasjoner i fisk for allmennhetens utnyttelse tidligere har vært overskygget av andre forhold (lavt oksygen innhold i bunnvannet). Muligens har dette endret seg noe etter de senere års forbedringer av oksygenkonsentrasjonen.

### Bunnforhold og båttrafikk

Tilslamming forårsaket av utslipp fra Saugbrugsforeningen har både for småbåttrafikk og for småbåthavner vært generende, særlig i nedre del av Tista (Knutzen, 1994)

### Andre forhold

Den senere tid har Iddefjorden blitt stadig mer attraktiv både for brukere til vanns og til lands. Også interessen for kjøp av fritidseiendommer er økende, og prisnivået er på vei oppover (Anon, 1994). Dette tyder på at de samlede utslipp og de effekter dette har medført har vært en begrensning for utnyttelse av området til ulike former for friluft og fritidsliv. Siden den økende interessen for området faller sammen med forbedringer i fjorden forårsaket av utslippsreduksjonene foretatt de senere år kan en anta at en hovedårsak til allmennhetens tidligere tilbakeholdenhet med å bruke området til fritidsaktiviteter har vært utslippene fra bedrifter i Halden (hovedsakelig Saugbrugsforeningen).

### 2.3 Virkninger av "overutslipp" på kvaliteter i fjorden som kan utnyttes av allmennheten.

Innvirkningen av overutslippene vil være avhengig av disses størrelse i forhold til det som slippes ut i henhold til konsesjonen samt betydningen av andre faktorer på de parametere som måles. I perioden 89-91 var overutslippene fra kun brøkdeler av prosent (1991) til 30-40 % avhengig av hvilke tallmateriale som blir lagt til grunn (se kap. 1 og rapport fra Landner). Totalutslippene var også fra 1985 for nedadgående slik at totaleffekter i resipienten sannsynligvis var for nedadgående. Når en heller ikke hadde noen omfattende undersøkelser i fjorden i perioden 84-91 har det vært vanskelig å dokumentere status i fjorden i denne periode. Størrelsen på overutslippene var størst på midten av 80-tallet (kap. 3.2). Det er derfor først og fremst for denne perioden at en med rimelig sikkerhet kan si noe om effekter av overutslipp. For 1991 kan en med sikkerhet si at overutslippene ikke har påvirket kvaliteter i Iddefjorden som kan utnyttes av allmennheten. For 1989 er det mulig at overutslippene har påvirket kvaliteter som kan utnyttes av allmennheten. En slik effekt er imidlertid vanskelig å sannsynliggjøre annet enn ved proposjonalitetsbetraktninger og vil i tilfelle sannsynligvis være små. I det følgende vil en derfor i hovedsak omtale perioden 1979-89. Siktedyp og i noe mindre grad oksygensituasjonen er de faktorer som det er lettest å se har en direkte sammenheng med konsesjonsvilkårene (mengden suspendert materiale som slippes ut) og det er derfor eventuelle effekter som er direkte eller indirekte knyttet til dette som vil omtales her.

#### Siktedyp

Siktedyp er bestemt av total mengde suspendert materiale (inkludert plankton) men påvirkes også av andre faktorer knyttet til vannets farge (eksempelvis oppløst organisk materiale). I figurene 3.4.1 og 3.4.2 ser en hvordan siktedypet og lignininnholdet forandrer seg når utslippene fra Saugbrugsforeningen opphører eller blir redusert under driftsstans. Dette viser at utslippene påvirker siktedypet. Sammenhengen mellom total mengde suspendert materiale og siktedyp er gitt etter følgende empiriske formel (Sørensen et al. 1993):

$$S=5.4 \times TSM^{-0.77}$$

som også kan skrives

$$\log TSM=0.951-1.2991 \log S$$

der S er siktedyp i meter og TSM i mg/l.

Denne formelen impliserer at det er en direkte sammenheng mellom total mengde suspendert materiale og siktedyp. Dersom mengden suspendert materiale dobles vil siktedypet reduseres med ca 40%.

Konsesjonen berører utslipp av suspendert partikulært materiale og betyr at dess mer bedriften slipper ut dess større verdier av TSM oppnås i vannet. En nær lineær relasjon mellom utslippsmengde av suspendert materiale fra Saugbrugsforeningen og TSM i overflatevannet antas for store deler av Iddefjorden.

Ut i fra relasjonen over kan en beregne mengden TSM i vannet ved typiske siktedyp i Iddefjorden (fig. 2.1.2). Dette er gjort i tabell 2.3.1. Formelen som er benyttet til beregningen er utarbeidet på bakgrunn av tallmateriale som også innbefatter Iddefjorden. I middel representerer tallmaterialet et område med noe mindre oppløst materiale enn det en har hatt i Iddefjorden. En må derfor ta forbehold for dette. Dette betyr at beregningene som følger (tabell 2.3.2) kun må anses som grove estimat for å anskueliggjøre eventuelle effekter av overutslipp på siktedypet i resipienten.

Tabell 2.3.1 Beregnet mengde suspendert materiale i vannet (TSM) ved ulike siktedyp

<u>Siktedyp (m)</u>	<u>Beregnet mengde TSM (mg/l)</u>
0.5	22
1	8.9
1.5	5.3
2	3.6
2.5	2.7
3	2.1

Størrelsen på overutslippene varierer avhengig av hvilket forutsetninger som legges til grunn for beregningene. I figur 1.1 ser en totale utslipp og beregnede overutslipp til Iddefjorden i perioden 84-88 basert på tidligere tall oppgitt av bedriften samt summerte ukedata oppgitt i forbindelse med forelegg utferdiget av Statsadvokaten i Eidsivating, 15/1.92. Ved bruk disse data varierer overutslippene fra 42.4 % i 1985 til 14.4 % i 1988. Disse tall er imidlertid noe høyere enn det som oppnås dersom andre beregningsmåter legges til grunn (se rapport fra Landner) og en får overutslipp varierende fra 0 i perioden 1979-1982 til 27-28 % i perioden 85-87.

Betydningen av overutslipp for områder i Iddefjorden med ulikt siktedypet kan nå beregnes ved å redusere mengden TSM (Tabell 2.3.1) i forhold til overutslippenes størrelse for så å sette disse verdier inn i relasjonen over og derved beregne forventet siktedyp uten overutslipp. Forventet siktedyp dersom overutslipp (10-40%) ikke hadde funnet sted ses i tabell 2.3.2.

Tabell 2.3.2. For siktedyp i området 0.5-3m er det beregnet hva nytt siktedyp vill ha vært dersom partikkelmengden (TSM) reduseres med 10-40%. Situasjoner med siktedyp større enn 2.5 m er skravert.

Siktedyp (m) i fjorden	Forventet siktedyp dersom overutslipp (10-40 %) ikke hadde funnet sted			
	10%	20%	30%	40%
0.5	0.5	0.6	0.7	0.7
1	1.1	1.2	1.3	1.5
1.5	1.6	1.8	1.9	2.2
2	2.2	2.4	2.6	3.0
2.5	2.7	3.0	3.3	3.7
3	3.3	3.6	4.0	4.5

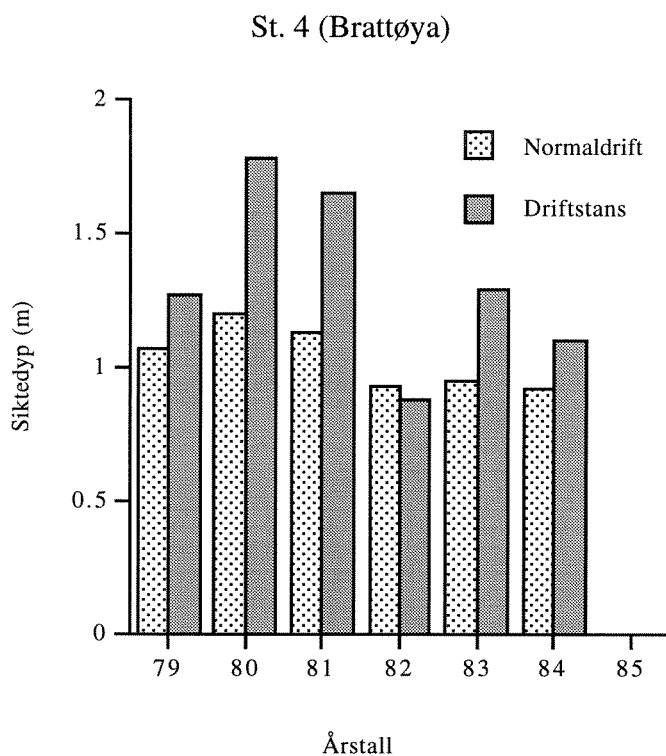
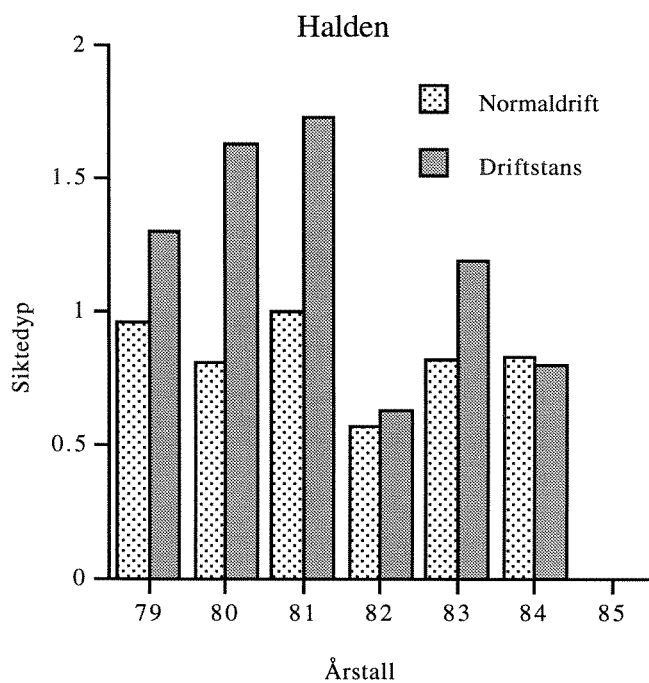
Ut i fra tabellen ser en at effekter av overutslipp på siktedyp er størst i de områder i Iddefjorden der siktedypet i utgangspunktet er størst, dvs. i indre og ytre del. Tar en utgangspunkt i området ved Svinesund og stasjon 2 i indre del av fjorden der siktedypet eksempelvis i første halvdel av 80-tallet lå rundt 1.5 (fig. 2.1.2) ville siktedypet uten de overutslippene en hadde i 1984 (dvs ca 40 % se fig. 1.1) ha vært på ca 2.2 m dvs en forbedring på 0.7 m. Tilsvarende ville siktedypet ved Halden i 1985 som det året gjennomsnittlig var på ca 1 m ha blitt forbedret med ca 0.5 m.. Ved overutslipp på 10% og et siktedyp på 1 m vil siktedypsforbedringene kun ha blitt ca 0.1 m dersom overutslippet hadde opphørt (se tabell 2.3.2). Tilsvarende ville forbedringen ha blitt 0.2 m ved et siktedyp på 2,5 m. Dette er såpass små avvik fra situasjonen med overutslipp at de neppe vil kunne ha blitt detektert av allmennheten og derfor kan ikke i synlig grad ha påvirket de kvalitetene som allmennheten nyttegjør seg av.

Siktedypsforbedringen ville selvfølgelig ha blitt noe mindre dersom tallene fra samme år i tabell 1.1 blir anvendt.

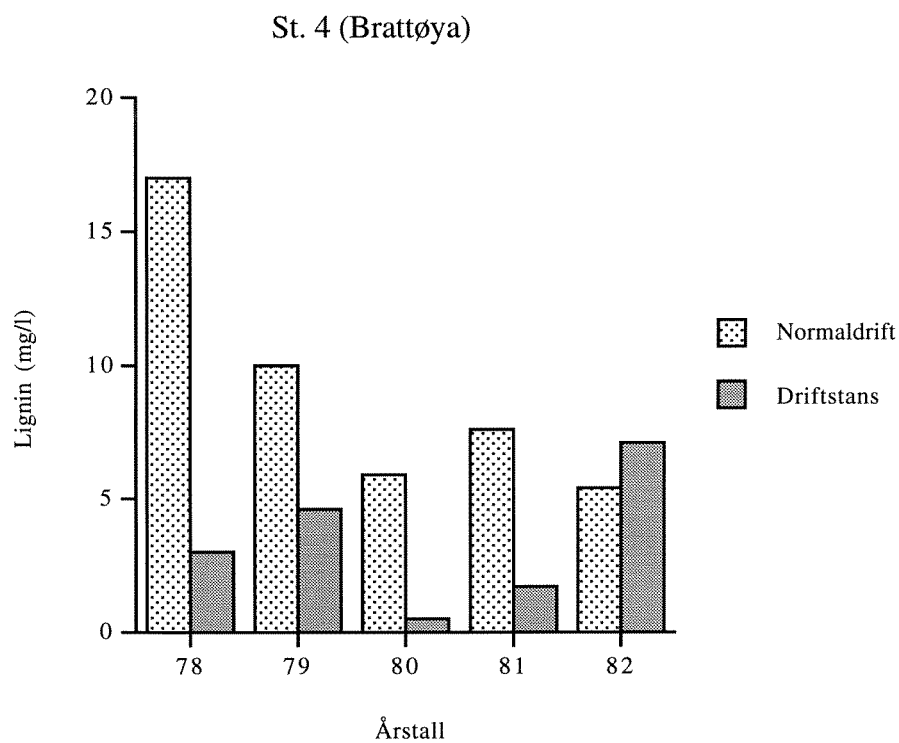
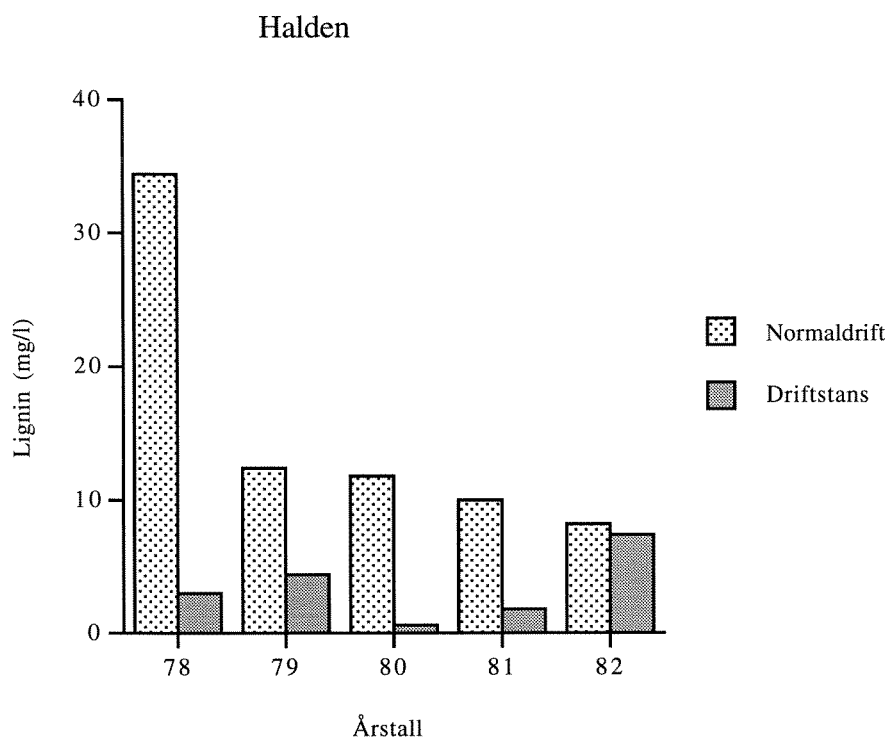
Siktedyp er en parameter som er med å bestemme i hvilken grad et fjordområde er egnet til friluftsliv, friluftsbad og rekreasjon (Tabell 2.2.1 og 2.2.2). Hvorvidt siktedypet er større eller mindre enn 2.5 m er avgjørende for hvorvidt et området langs en fjord er egnet eller mindre egnet for friluftsliv. På samme måte danner et siktedyp på 2.5 m grensen for hvorvidt et område kan karakteriseres som uegnet eller mindre egnet for friluftsbading og rekreasjon. Ut ifra tabell 2.4.2 ses at uten overutslipp vil siktedyp over 2.5 m kun inntre i områder som med overutslipp hadde et siktedyp på over ca. 2 m forutsatt at overutslippene var på mer enn ca 25%. Områder i Iddefjorden som før 1991 har hatt siktedyp over 2 m er sannsynligvis i hovedsak begrenset til området utenfor Svinesund og muligens lengst inne i fjorden. I disse områder er det derfor sannsynlig at overutslippene enkelte år (år med overutslipp på >25 %) kan ha påvirket siktedypet så mye at egnetheten til friluftsliv langs fjorden, badeliv og annen bruk av området til rekreasjon har vært signifikant endret i

negativt retning. I området innenfor Svinesund har overutslippene selvfølgelig også påvirket siktedypet noe i negativ retning. Det er imidlertid mer tvilsomt om effekten av dette har vært så stor at kvaliteter som allmennheten kan nyttegjøre seg av har vært signifikant skadelidende.

Siktedyp er et godt mål for vannets absorpsjonsegenskaper for lys (Sørensen et al. 1993) og betyr at dess mindre siktedyp jo mer lys blir absorbert nær overflaten. I Iddefjorden har en derfor på 80 tallet hatt et meget dårlige lysforhold under overflatelaget. Dette har vanskeliggjort forholdene for fritidsdykking i fjorden både ved å redusere sikten noe i overflatevannet og ved å redusere lyset i det mindre turbide vannet under dette. Reduksjon av siktedypet p.g.a. overutslippene har således sannsynligvis medført en viss ytterligere forringelse av fjordens egnethet til fritidsdykking.



Figur 2.3.1 Siktedyb på to stasjoner i Iddefjorden under normaldrift og ved driftstans (cellulosefabrikk og/eller papirfabrikk) ved Saugbrugsforeningens anlegg i Halden.



Figur. 2.3.2 Lignininnhold i overflatevann på to stasjoner i Iddefjorden under normaldrift og ved driftstans (cellulosefabrikk og/eller papirfabrikk) ved Saugbrugsforeningens anlegg i Halden.

## Oksygen

Overutslippene er beregnet som mengde suspendert materiale. Til utslippene knytter det seg et visst forbruk av oksygen. Hovedmengden av dette oksygenforbruket er knyttet til oppløst organisk materiale i avløpsvannet. En kan anslå oksygenforbruket ved beregning av kjemisk oksygenforbruk (COD) og biologisk oksygenforbruk (BOD7) (Se rapport fra Landner).

Det er en sammenheng mellom totalutslippene fra Saugbrugsforeningen og det potensielle oksygenforbruket i resipienten. Dess mer som slippes ut jo større blir oksygenforbruket i resipienten. Dette betyr også at det potensielle oksygenforbruket øker mer jo større overutslippene er. Mest sannsynlige det en lineær sammenheng mellom overutslipp (tonn/år) og det potensielle oksygenforbruket i resipienten som dette overutslippet representerer.

Det er imidlertid ingen enkel relasjon mellom utslipp (og eventuelle overutslipp) og endringen i oksygenkonsentrasjonen i resipienten. Endringen i oksygenkonsentrasjon vil blant annet være avhengig av tilførselmengder, hvor utslippene havner (spredning, sedimentering) og temperatur. Dessuten har en tilførsel av oksygenforbrukende materiale også fra andre kilder (primærproduksjon, organisk materiale fra avrenning fra land). I tillegg har en tilførsel av oksygen knyttet til vannutskiftninger både i overflaten og i dypvannet, transport fra atmosfæren, transport via ferskvann og ved primærproduksjon.

Eventuelle effekter av øket oksygenforbruk på eksempelvis bunndyr og fisk vil også være avhengig av oksygenets utgangsnivå i vannet som kan variere meget (se fig. 2.1.3 og 2.1.4). Eksempelvis vil bunnfauna og fisk bli langt sterkere påvirket av overutslipp i et område som allerede har lave oksygenkonsentrasjoner og hvor overutslipp fører til at toleransegrensen overskrides, enn i områder som har tilfredsstillende forhold i utgangspunktet og hvor overutslippene ikke fører til en slik overskridelse. Generelt sett er oksygenforholden i Iddefjorden dårligere dess dypere en kommer. En har imidlertid ikke data for Iddefjorden som belyser i hvilke dyp det potensielle oksygenforbruket (COD) til utslippene fra Saugbrugsforeningen blir realisert. Siden en ikke vet hvor i fjorden COD vil bli realisert kan en heller ikke beregne den relative endringen i oksygenkonsentrasjonen som overutslippene ville medføre i de ulike vannlag.

Ut i fra utslippmengde kan en imidlertid gjøre et overslag over hvor mye oksygen forbruk dette potensielt kan medføre. I sakspapirene (dokument 4, bilag 5) er det gitt en oversikt over utslipp av suspendert materiale til vann fra saugbrugsforeningen for perioden 1977-1993 og for oksygenforbruk knyttet til utslipp av oppløst organisk for perioden 1983-1993 (data er gjengitt i vedlegg 2). Basert på disse tall kan en beregne det potensielle oksygenforbruk (forårsaket av oksydering av løst organisk materiale i avløpsvannet) som er knyttet til utslipp av 1 tonn suspendert partikulært materiale. Gjøres dette for perioden 1983-1991 finner en verdier fra 6.5-23.8 tonn oksygen/tonn suspendert materiale med et gjennomsnitt på 14.4. Det suspenderte materiale



som i hovedsak utgjøres av fiber er relativt tungt nedbrytbart og representerer i seg selv også et potensielt oksygenforbruk. Dette forbruket er imidlertid langt mindre enn det som er knyttet til de løste forbindelsene. Som et estimat for dette kan en anta at ca 10 % av det partikulære materialet består av uorganiske forbindelser som ikke medfører oksygenforbruk og at 60 % av det resterende utgjøres av organisk karbon. Antar man så at dette oksyderes til CO<sub>2</sub>, så vil 1 tonn suspendert materiale medføre et oksygenforbruk tilsvarende 1.4 (0.9 x 0.6 x 32/12) tonn oksygen.

For å anskueliggjøre effekten av overutslippene alene kan en imidlertid gjøre overslagsberegninger over hvor stor andel av overutslippene som må til for at ulike vannvolum utenfor og innefor Halden skal bli fullstendig oksygenfrie, gitt at oksygenkonsentrasjonen i utgangspunktet er kjent, at overutslippene som legges til grunn er den andelen som slippes ut innenfor oppholdstiden til angjeldende vannmasse og at realiseringen av oksygenforbruket skjer i denne vannmassen. Slike overslag kan gjøres for oksygenforbruk knyttet til både de løste forbindelser og til suspendert materiale.

En har da for potensielt oksygenforbruk knyttet til løste forbindelser

$$1) \quad F = K_O \times V \times A / O \times k_1$$

og for oksygenforbruk knyttet til det partikulære forbindelser

$$2) \quad F = K_O \times V \times A / O \times k_2$$

der

F=Andelen av overutslippene som gir oksygenkonsentrasjon=0

K<sub>O</sub>=Oksygenkonsentrasjon i mg/l (utgangskonsentrasjon)

V=Vannvolum i 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

A=365/oppholdstiden (dager)

O=Overutslipp av suspendert partikulært materiale(tonn/år)

k<sub>1</sub>=14.4

k<sub>2</sub>=1.4

Vannvolumet innenfor og utenfor Halden i ulike dybdeintervaller ses i tabell 2.3.3.

Tabell 2.3.3. Vannvolum i Iddefjorden (i  $10^6 \text{ m}^3$ ) innefor og utenfor Halden i ulike dybdeintervaller (data fra Munte-Kaas, 1969). Merk at havnebassenget i Halden er ikke medregnet.

<u>Dybdeintervall (m)</u>	<u>Vannvolum på strekningen Halden-Svinesund</u>	<u>Vannvolum innefor Halden</u>
0-5	21.088	71.753
5-20	44.344	153.788
20-bunn	18.998	77.492
Totalt	84.430	303.033

På basis av meget sparsomme opplysninger kan en anta oppholdstider på vannet i Iddefjorden i ulike dybdeintervaller kan variere fra noen få dager i overflaten utenfor Halden til bortimot ett år i dypområdene innefor Halden (Tabell 2.3.4). Det må imidlertid presiseres at disse anslagene er usikre.

Tabell 2.3.4. Antatt oppholdstid av vann i Iddefjorden i ulike dybdeintervall.

<u>Dybdeintervall (m)</u>	<u>Vannvolum på strekningen Halden-Svinesund</u>	<u>Vannvolum innenfor Halden</u>
0-5	4 dager	30 dager
5-20	9 dager	75 dager
20-bunn	2-3 ganger pr år ?	1-2 ganger pr år?

Siden oksygenforbruket som kan knyttes til de løste forbindelsene er relativt raskt realiserbart må en kunne anta at dette hovedsakelig medfører oksygenforbruk i de øvre vannlag. Mens det partikulære materialet som har en langt lengere nedbrytningstid i hovedsak virker på bunnvannet.

Resultater av beregninger basert på ligning 1) og 2) og forutsetningene over ses i tabell 2.3.5. Lave prosentvise andeler i tabell 2.3.5 sannsynliggjør at overutslippene vil påvirke oksygenforholdene og høye tall sannsynliggjør at eventuelle effekter er små.

Resultatet av overslagsberegningene tyder derfor på at overutslipp vil kunne medføre en tydelig reduksjon av oksygeninnholdet eller oppbygging av oksygen gjeld (dersom oksygeninnholdet allerede er lavt p.g.a de ordinære utslipp).

Eksempelvis vil 2 og 3 % av overutslippene i henholdsvis 1985 (2670 tonn) og 1987 (1790 tonn) dersom de havnet i bunnvannet under 20 m, være nok til å forbruke alt oksygen (oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet=1-2 mg/l) ved fullstendig nedbryting (Tabell 2.3.5). Disse tall (2-3%) utgjør en så liten andel av utslippene at en med stor sannsynlighet må anta at tilsvarende eller mer virkelig vil havne på bunnen og bidra med et ytterligere oksygenforbruk/oksygen gjeld i forhold til det de regulære utslipp bidrar med.

En må også forvente at effekter av oksygenforbruk nær og ved bunnen etter noen tid vil forplante seg oppover i vannmassene. Vannutskiftninger kan også føre til at "pakker" med oksygenfattig/hydrogensulfidholdig vann blir presset mot overflaten slik at oksygenforbruk nær og ved bunnen på denne måten fører til oksygenfattig vann nær eller ved overflaten .

Sannsynligvis vil en stor andel av utslippsvannet bli værende nær overflaten. Derfor vil oksygenforbruk assosiert til overutslippene også kunne medføre et oksygenforbruk i vann grunnere enn 20 m (Tabell 2.3.5) som en følge av at løste forbindelser oksyderes. Eksempelvis vil ca 13 % av det potensielle oksygenforbruket (innenfor en periode tilsvarende antatt oppholdstid for vannet dvs. 30 dager) som er knyttet til nedbrytning av løste organiske forbindelser som følger med overutslippet (1985 data) være nok til å forbruke alt oksygen i hele indre del av Iddefjorden i dybedintervallet 0-5 m (Se tabell 2.3.5 . Tilsvarende tall for ytre fjord er 28%.

Tabell 2.3.5. For ulike dybdeintervall utenfor (Ytre) og innenfor (Indre) Halden er det for 4 tidsperioder beregnet den prosentvise andel av potensielt oksygenforbruk knyttet til overutslippene som skal til for å forbruke alt tilstedeværende oksygen innefor oppholdstiden til den angjedende vannmasse. NB:For dyp <20 m har en beregnet andelen kun på basis av nedbrytning av partikulært materiale mens en for dybdeintervallene 0-5 m og 5-20 m har beregnet andelen på basis av nedbrytning av løst organisk materiale. Utgangspunktet for beregningene er overutslipp oppgitt i tabell 1.1.

Sone	År	Utgangskons. (mg/l)	Oppholdstid (dager)	%
Ytre >20m	1985	2	182.5	2.0
Ytre >20m	1987	2	182.5	3.0
Ytre >20m	1989	2	182.5	23.6
Ytre >20m	1991	2	182.5	>100
Indre >20m	1985	1	365	2.1
Indre >20	1987	1	365	3.1
Indre >20	1989	1	365	24.1
Indre >20	1991	1	365	>100
Ytre 5-20	1985	4.2	9	19.6
Ytre 5-20	1987	4.2	9	29.3
Ytre 5-20	1989	4.2	9	>100
Ytre 5-20	1991	4.2	9	>100
Indre 5-20	1985	2.8	75	5.5
Indre 5-20	1987	2.8	75	8.1
Indre 5-20	1989	2.8	75	63.3
Indre 5-20	1991	2.8	75	>100
Ytre 0-5	1985	5.6	4	28.0
Ytre 0-5	1987	5.6	4	41.8
Ytre 0-5	1989	5.6	4	>100
Ytre 0-5	1991	5.6	4	>100
Indre 0-5	1985	5.6	30	12.7
Indre 0-5	1987	5.6	30	19.0
Indre 0-5	1989	5.6	30	>100
Indre 0-5	1991	5.6	30	>100

Egnethet for fiske er blant annet knyttet til oksygenkonsentrasjonen i dypvannet (se tabell 2.2.3.). Ved beregningene over er det sannsynliggjort at selv en liten del av overutslippene kan gi klare negative utslag på oksygenkonsentrasjonen både i bunnvannet og ærmere overflaten. Tidlig på 80 tallet falt ytre deler av Iddefjorden hovedsakelig i kategorien "lite egnet" til fritidsfiske, men perioder som kan karakteriseres som "egnet" og "ikke egnet" forekom også.

Totalutslippene i 1982 var omtrent i samme størrelsesorden som 1985 hvor en hadde de høyeste overutslippene.

I en slik situasjon er det sannsynlig at overutslippene har påvirket oksygensituasjonen i bunnvannet på en slik måte at egnetheten til fritidsfiske er

blitt redusert. En slik forringelse av egnethet til fritidsfiske kan eksempelvis ha kommet til uttrykk ved forlengede perioder der deler av fjorden ifølge egnethetskriteriene (tabell 2.2.3) ikke er egnet til fritidsfiske, eller forkortede perioder der deler av fjorden har vært "egnet".

### Næringssalter og klorofyll-a

Saugbrugsforeningen har hatt et utslipp av fosfor og nitrogenforbindelser (se rapport fra Landner) som kan ha bidratt noe til de høye næringssaltkonsentrasjonene i Iddefjorden. Disse utslippene vil imidlertid i hovedsak være løste og omfattes således ikke direkte av utslippsbetingelsene og kan således i liten grad knyttes direkte til overutslippene.

En kunne imidlertid argumentere med at dersom overutslippene ikke hadde funnet sted så ville også andre ikke konsesjonsbelagte utslipp som eventuelt er assosiert til totalutslippene ha blitt redusert. En slik argumentasjon forutsetter imidlertid at det er en direkte sammenheng mellom de konsesjonsbelagte utslipp av suspendert materiale og utslipp av eksempelvis N og P.

Dersom sistnevnte resonnement legges til grunn kunne en tenke seg at overutslippene medførte at fjordens klassifisering m.h. t. egnethet til friluftsliv, friluftsbad og rekreasjon og fritidsfiske (tabell 2.2.1-3) ble endret i negativ retning. Teoretisk skulle en i så fall se størst relativ effekt for totalfosfat fordi det er for denne stoffgruppe at bidraget fra Saugbrugsforeningen er størst i forhold til de totale utslipp (Se rapport fra Landner). Målinger av næringssaltkonsentrasjonen etter nedleggelse av fabrikken i 1991 viser imidlertid ingen tydelig nedgang i næringssaltkonsentrasjonen. Det er derfor ikke sannsynlig at utslipp av N og P eventuelt indirekte knyttet til overutslippene har medført effekter av betydning på kvaliteter som allmennheten kan nytte seg av.

### Bakterier-badevannskvalitet

Klebsiella-bakterier kan sannsynligvis formere seg i resipienten når temperaturen overstiger 10 °C (Ormerod, 1987). Betydningen av overutslippene på mengden Klebsiella-bakterier i overflatevannet er imidlertid usikker. Det er også usikkert i hvilken grad Klebsiella utgjør noen trussel for badevannskvalitet. En kan derfor ikke si hvorvidt fjordens egnethet til friluftsbad og rekreasjon er har vært skadelidende p.g.a. overutslipp fra Saugbrugsforeningen.

### Flora og fauna i strandsonen

Deler av de negative effekter en har sett på flora og fauna i strandsonen (se kap.) skyldes nedslamming og dårlige lysforhold selv på grunnt vann. Dette er forhold som direkte kan knyttes til partikulært materiale som stammer fra utslippene til Saugbrugsforeningen. Tilstedeværelse av flora og fauna i strandsonen er kvaliteter ved fjorden som allmennheten kan ha glede av både

ved friluftsliv og ved fritidsbading og rekreasjon (eksempelvis barns leting etter småorganismer). Den forbedring en så i strandsonen i 1980 i forhold til 70-tallet faller sammen med relativt store utslippsreduksjoner (se fig.1.1) og sannsynliggjør en sammenheng mellom utslippsmengde og livet i fjæra. Det er sannsynlig at de overutslippene en hadde i perioden 84-89 har forsinket en videre forbedring av forholdene i strandsonen i forhold til det en så frem til 1982. Undersøkelsene i 1992 stadfester at potensialet for en slik forbedring var tilstede.

### Dyre- og planteliv under tidevannssonen

Dyre- og planteliv under tidevannssonen omfatter hardbunnsorganismer og bløtbunnsorganismer. Dette er områder som allmennheten i liten grad kommer i kontakt med direkte (unntatt ved fritidsdykking). Organismer i disse områder har imidlertid betydning som næring for fisk og kan dermed indirekte ha en betydning for fritidsfiske. Det er imidlertid ikke mulig å kvantifisere i hvilken grad overutslippene har hatt indirekte betydning for naturgrunnlaget som eventuelt fritidsfiske er basert på.

For fritidsdykking er opplevelse av dyre- og planteliv av vesentlig betydning for rekreasjonsverdi. Fritidsdykking foregår fortrinnsvis på hardbunn. For slik aktivitet er derfor eventuelle virkninger av overutslipp på bløtbunnsamfunn av mindre interesse. Områder med hardbunnsorganismer opptrer hovedsakelig der det er relativt mye strøm og hvor partikkelmengden i vannet under overflatelaget er relativt liten. Den betydning eventuelle overutslipp har hatt for dyreliv på hardbunn er heller ikke mulig å kvantifisere

En kvalitativ betraktning peker imidlertid i retning av at overutslipp både for naturgrunnlaget for fiske og muligens også for hardbunnsfauna i tidevannssonen kan ha hatt betydning, men at en slik effekter i tilfelle sannsynligvis har vært marginal.

### Miljøgifter

De metallproblemer en har hatt i Iddefjorden som kan knyttes til Saugbrugsforeningen kan forklares ved utslipp av kisaske og bruk av kvikksølv som slimbekjempekjemningsmiddel. Både utslipp av kisaske og nevnte bruk av kvikksølv opphørte før 1979. Utslipp etter 1978 har derfor ikke i vesentlig grad bidratt til noen metallpåvirkning av fjorden. Fiskeslag som torsk og ål fra Iddefjorden inneholdt i 1991 ikke vesentlige overkonsentrasjoner av metaller, og må i så måte karakteriseres som lite eller ubetydelig påvirket (Berge og Helland 1993). Undersøkelser gjennomført i 1991 viser også at utslipp av partikulært materiale der dette sedimenterer, kan bidra positivt ved en overdekking av tidligere kontaminert sediment.

Utslipp av klor fra celluloseblekeriet opphørte først i 1991. Innholdet av klorholdige treforedlingsrelaterte forbindelser i fisk var i 1991, og har sikkert også i hele perioden 1979-1991 vært høyt. Dette høye nivået gir uttrykk for en kvalitet ved fjorden som har vært skadelidende og som allmennheten ville ha kunnet nyte godt av, eksempelvis ved fritidsfiske av upåvirket fisk. Det høye nivået av treforedlingsrelaterte forbindelser i fisk kan imidlertid ikke knyttes til

de overutslippene som denne saken dreier seg om (suspendert materiale) fordi bedriften ifølge sakspapirene (Dok. nr. 8), har hatt en egen utslippsgrense for klor som ikke er blitt overskredet. I samme dokument blir det også hevdet at mengden av klorutslipp ikke varierer med størrelsen av totalutslippene av suspendert materiale.

Det er derfor ikke noen holdepunkter for å hevde at miljøgifter i overutslippene til Iddefjorden i perioden 1979-91 har hatt noen negativ effekt på kvaliteter ved fjorden som allmennheten kan ytte gjøre seg av.

### Bunnforhold og båttrafikk

Avsetningen av partikulært materiale på bunnen er blant annet avhengig av strømforholdene på den enkelte lokaliteter og på total mengde partikulært materiale som slippes ut. I Tistas nedre del har avsetningene medført flere mudringer (Knutzen 1986). Sjenerende tilslamming av fritidsbåter og småbåthavner er også funksjon av mengden partikulært materiale som slippes ut. For mektigheten av bunnsedimentene i Tistas munningsområde kan en forvente at overutslippene anslagsmessig har bidratt tilsvarende sin prosentvise andel av totalutslippene. Opprettholdelse av seilingsdyp for fritidsbåter er en forutsetning for allmennhetens tilfredsstillende bruk av Tistas havneområder. En må anta at overutslippene har bidratt til et øke behov for mudring i enkelte grunne områder nær Tistas munning.

### Andre forhold

Interessen for kjøp av fritidseiendommer langs Iddefjorden samt priser på disse er økende (Anon., 1994). Dette tyder på at de samlede utslipp og de effekter dette har medført har vært en begrensning for prisnivået på fritidseiendommer. Hvorvidt overutslippene har hatt noen ytterligere innflytelse på dette er imidlertid uklart.

## **3. Eventuelle virkninger i dag**

### **3.1 Eventuelle målbare effekter i dag av tidligere overutslipp**

Målbare effekter som direkte kan knyttes til overutslippene har i vesentlig grad vært knyttet til overflatevannet. Målinger i fjorden i forbindelse med driftsstans viser at forholdene i overflatevannet relativt raskt forbedres betraktelig etter en driftsstans. Dette tyder på at kvaliteter knyttet til mengden partikulært materiale i overflatevannet (eksempelvis siktedyp, lysforhold) raskt forbedres. En er derfor av den oppfatning at overutslipp i perioden 79-91 neppe i dag har noen målbare direkte effekter på overflatevannet eller organismer som lever i dette. En kunne imidlertid tenke seg at forflytningen av innergrensen for enkeltarter av planter og dyr i Iddefjorden (se fig. 2.1.5) er blitt noe forsinket pga. de overutslipp en hadde på 80-tallet. Det er imidlertid høyst uklart hvor stor en eventuell slik effekt er idag.

Tilførselen fra overutslippene av potensielt oksygenforbrukende materiale kan ha øket oksyngjelden til den totale mengde deponert materiale på bunnen i fjorden noe. I forhold til den totale mengde oksygenforbrukende materiale som er deponert i fjorden siden oppstart av virksomheten på begynnelsen av dette århundre utgjør imidlertid overutslippene en meget beskjeden andel. En effekt av overutslippet på oksygenforbruket i fjorden som kan måles i dag er imidlertid lite sannsynlig. Den eneste sannsynlige konsekvens av overutslippene som muligens kan spores i dag er tilstedeværelse av noe mer deponert materiale på bunnen, i hovedsak nær Halden. Det er umulig å måle direkte hvor mye dette dreier seg om på annen måte enn ved bruke den prosentvis andelen av overutslippene fra 1979 frem til i dag som et estimat.

### **3.2 Eventuelle registrerbar effekter i dag av tidligere "overutslipp" på kvaliteter som kan utnyttes av allmennheten**

Redusert seilingsdyp for fritidsbåter nær Tistas munning og en forsinket innvandring av planter og dyr er det eneste forhold som kan trekkes frem hvor overutslipp muligens også i dag påvirker kvaliteter som kan utnyttes av allmennheten. En kunne også hevde at oksyngjeld pga. sedimentering av sent nedbrytbart organisk materiale knyttet til overutslippene muligens også idag kunne utgjøre en effekt. Sannsynligvis er imidlertid dette bidraget så lite at det ikke vil påvirke kvaliteter som kan utnyttes av allmennheten.

### **4.0 Tiltak for å forsere utviklingen av miljøsituasjonen i Iddefjorden**

De eneste effekter av overutslipp som i dag muligens kan påvirke kvaliteter som utnyttes av allmennheten er et redusert seilingsdyp og forsinket innvandring av organismer.

Dersom den fysiske tilstedeværelse av deponert partikulært materiale i grunnområdene er et problem kan forsvarlig mudring være et tiltak. Dette vil løse et praktisk problem men vil neppe bedre på den totale miljøsituasjonen i Iddefjorden. Snarere kan en tenke seg at en forstyrrelse av tidligere deponerte masser som nå er i ferd med å bli overdekket vil mobilisere uønskede forbindelser (metaller, klororganiske forbindelser) opp i vannet.

En eventuell forsinket innvandring av planter og dyr i Iddefjorden kan muligens forseres noe ved transplantasjon av oranismer fra eksempelvis Singlefjorden til områder i Iddefjorden som ligger innefor dagens innergrenser.

Ønsker en å forsere/forbedre situasjonen i Iddefjorden i forhold til dagens situasjon er en reduksjon av de totale mengder næringsalter til fjorden sammen med en opprettholdelse av minimale industrielle utslipp eneste utvei.



## 5.0 Referanser

- Anon., 1994. Iddefjorden - stadig mer attraktiv. Saugbrugs-nytt (Internt informasjonsorgan for Saugbrugsforeningen AS), Aug./sept. 1994.
- Afzelius, L., 1979. Nasjonalt program for overvåking av vannressurser. Utvikling og status i Iddefjordens biologi. NIVA-rapport nr. 1096, 52s.
- Berge, J.A. og Helland, A., 1993. Overvåkingsundersøkelser i Iddefjorden 1991/92. Miljøgifter i sediment, ål, torsk og taskekrabbe. NIVA-rapport nr. 2953, 56s.
- Carlberg, G.E., Drangsholt, H., Gjør, N. og Tveten, G., 1981. Miljøpåvirkning av klorerte hydrokarboner fra klorblekerier. Anayse av vann, sedimenter og fisk fra Iddefjorden, sidene 131-140 i Organohalogenener i akvatisk miljø. 17. Nordiska symposiet om vattenforskning, Porsgrunn 4-7/5 1981. Nordforsk. Miljövårdsserien Publ 1981:1.
- Efraimsen, H. 1982. Treforedlingsindustriens avløpsvann. Forandring av Iddefjordens forurensningstilstand i 1970 - årene. NIVA-rapport nr F.81434 (løpenr. F. 426), 26s.
- Efraimsen, H., Christie, H., Green, N. og Pedersen, A., 1984. Overvåking av Iddefjorden 1983. NIVA-rapport nr 1670, 28s.
- Efraimsen, H., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B. og Skei, J., 1982. Supplerende basisundersøkelser og rutineovervåking i Iddefjorden 1980. NIVA-rapport nr. 1362, 75s.
- Fylkesmannen i Østfold. Kystvannet fra Strømstad til Fr4drikstad" Samlerapport , Rapport Nr. 10/85.
- Håkansson, H., Sundin, P., Andersson, T., Brunstrøm, B., Dencker, L., Engwall, M., Ewald, G., Gilek, M., Holm, G., Honkasalo, S., Idestam-Almquist, J., Jonsson, P., Kautsky, N., Lundberg, G., Lund-Kvernheim, A., Martinsen, K., Norrgren, L., Personer, M., Stålber, M., Tarkpea, M. og Wesén, C. 1991. In vivo and in vitro toxicity of fractionated fish lipids, with particular regard to their content of chlorinated organic compounds. *Pharmacology and Toxicology*, 69, 459-471.
- Hektoen, H., Helland, A., Næs, K., og Rygg, B., 1992. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden. Sedimenterende materiale, bunnsedimenter, bløtbunnsfauna og diagnostisk undersøkelse av skrubbe. NIVA-rapport nr. 2791, 95s.
- Jägerskjöld, L.A., 1971. A survey of the marine benthic macrofauna along the Swedish west coast 1921-1938. *Kungl. Vetenskap-ochbVitterhetssamhället i Göteborg*.
- Knutzen, J., 1986. Utredning om Iddefjordens tilstand og aktuelle tiltak ved Saugbrugsforeningen. NIVA-rapport nr. 1924, 88s.
- Landner, L. 1994. Sak nr. 93-00490 A: Framtiden i våre hender mot

Lein, T.-E., Runess, J. og Wiik, Ø., 1974. Algologiske observasjoner i Iddefjorden og Singlefjorden. *Blyttia*, 32, 155-168.

Løvstad, Hauger, Vallner og Bjørndalen, 1988. Vassdrag og Kystområder, Overvåking 1987. Rapport nr. 6/88 fra Miljøvernavdelingen, Fylkesmannen i Østfold. 139 s + tabeller.

Løvstad, Ø., Hauger, T., og Vallner, P. 1990. Innsjøer i Østfold. Overvåking i 1988 og 1989. Rapport nr. 6/90 fra Miljøvernavdelingen, Fylkesmannen i Østfold.

Magnusson, J., Christie, H., Efraimsen, H., Green, N. og Pedersen, A., 1982. Supplerende basisundersøkelser og rutineovervåking i Iddefjorden 1981. NIVA-rapport nr 1414, 83s.

Magnusson, J., Christie, H., Efraimsen, H., Green, N. og Pedersen, A., 1983b. Spplerende basisundersøkelser og rutineovervåking i Iddefjorden 1982. NIVA-rapport nr. 1546, 56s.

Magnusson, J. og Sørensen, K., 1993. Overvåking av Hvaler, Siglefjorden og Ringdalsfjorden 1990-91. Hydrografi, hydrokjemi, tungmetaller i vann og fjernanalyse. NIVA rapport nr. 2918, 59s.

Martinsen, K., Pedersen, K., Kringstad, A., Lund Kvernheim, A., 1993. Undersøkelse av organiske miljøgifter i sedimenter og biota i Iddefjorden 1992. SINTEF SI rapport nr. STF27A93032, 32s.

Munthe-Kaas, H., 1970. Iddefjorden og dens forurensningsproblemer. Rapport nr. 2. Situasjonsrapport pr. 1 desember 1969. NIVA-rapport (O-113/64), 34s + bilag.

Olausson, E., 1972. Sedimentundersökningar på Västkusten: Förändringar och konstans. Med. från Mar. Geol. Lag., Göteborg, Nr 4, 25s.

Ormerod, K., 1984. Supplerende basisundersøkelser og rutineovervåking i Iddefjorden 1983. Testing av Iddefjordens termotolerante coliforme bakterieflora for innhold av termotolerante Klebsiella. NIVA-rapport nr. 1666, 45s.

Ormerod, K. 1987. Hygienisk vannkvalitet. Belastning med Klebsiella-bakterier fra treforedlingsindustri. NIVA-rapport nr. F.509, 54s.

Rosenberg, R., Hellman, B., Johansson, B., 1991. Hypoxic tolerance of marine benthic fauna. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 79, 127-131.

Runess, J. og Wiik, Ø., (upublisert). Toktrapport: Littorale alger i Iddefjorden - situasjonsrapport fra 2. oktober 1992. 5s.

Skogen, K. 1992a. Resipientundersøkelse Iddefjorden, DNV Rapport nr. 99004427, 41s.

Skogen, K. 1992b. Resipientundersøkelse Iddefjorden, DNV Rapport nr. 92-3598, 44s.

Sørensen, K.; Nielsen, J. Sæbø, H.V. og Hølbæk-Hanssen, E., 1990. Satelittfjernmåling av vannkvalitet. Testing av Landsat-5 Thematic Mapper data for kartlegging av Glomma-og Iddefjordsvannets spredning i Hvaler og Ytre Oslofjord. NIVA-rapport nr. 2434, 99s.

Sørensen, K., Aas, E., Faafeng, B., Lindell, T. 1993. Fjernmåling av vannkvalitet. Videreutvikling av optisk satelittfjernmåling som metode for overvåking av vannkvalitet. NIVA-rapport nr. 2860, 115s.

Sørensen, J. og Baalsrud, K., 1994. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Egnethet for ulike brukerinteresser. Raapport fra SFT, TA 1004/1994, 23s.

## Vedlegg 1

Mandat (Utdrag av brev av 26/7-94 fra advokat Øivind Østberg)

*mandat:*

1. De sakkyndige skal gjennomgå rettssakens dokumenter, som oversendes gjennom retten.

I tillegg skal de sakkyndige gjennomgå øvrige tilgjengelige og relevante dokumenter og rapporter, herunder kan de sakkyndige anmode om opplysninger fra bedriften.

I den grad de sakkyndige finner det nødvendig selv å foreta undersøkelser av fjord eller utslipp - av noe omfang - bør retten først forespørres. Av hensyn til de sakkyndige opplyses at arbeidets omfang ikke bør overstige 2 - 4 uker for hver av de sakkyndige.

Om de sakkyndige ikke finner denne tidsramme tilfredsstillende, bør nærmere begrunnelse gis til retten.

De sakkyndige skal være tilstede under selve rettssaken.

2. På bakgrunn av sine undersøkelser skal de sakkyndige utrede og ta stilling til følgende spørsmål:
  - a) Hvilke forurensningsbelastninger har Iddefjorden vært utsatt for, og hvilke virkninger har disse for de kvalitetene ved fjorden som kan utnyttes av almenheten.

Med slike kvalitetene menes ikke næringsmessig utnyttelse, så som rekreasjon, fiske, eller annet som de sakkyndige ønsker å fremheve.

Under dette punkt skal den samlede historiske forurensning vurderes, uten hensyn til forurensningskilde og forurensningsart.

- b) Hvilke virkninger har de såkalte "overutslipp" fra Saugbrugsforeningen i tiden 1979 til og med 1991 hatt for de kvaliteter ved fjorden som er nevnt under pkt a).

Med "overutslipp" menes utslipp ut over tillatte grenser, for de stoffer hvor utslippsgrense er fastsatt.

De sakkyndiges vurdering skal basere seg på de utslippstall partene er enige om i saksdokumentene.

I den grad de sakkyndige vil legge andre tall til grunn, må det redegjøres for hvilken betydning en eventuell forskjell har.

- c) Hvilke virkninger har slike "overutslipp" fra Saugbrugsforeningen i tiden 1. august 1989 (lovens ikrafttredelse) til og med 1991 hatt for de kvaliteter ved fjorden som er nevnt under pkt a).
- d) Hvilke virkninger har slike "overutslipp" fra Saugbrugsforeningen i tiden 1. desember 1989 (overdragelse av bedrift) til og med 1991 hatt for de kvaliteter ved fjorden som er nevnt under pkt a).
- e) Har de "overutslipp" som er behandlet i punktene b) til d) idag noen målbar effekt ved siden av den totale forurensningsbelastning.

Spørsmålet besvares for hver av de alternativer som er angitt i punktene b) til d).

- f) Har de "overutslipp" som er nevnt i foregående punkt idag noen registrerbar effekt for almenhetens utnyttelse av fjorden, ved siden av den totale forurensningsbelastning.
- g) De sakkyndige bør utrede om utviklingen av miljøsituasjonen i fjorden kan forseres med noe middel innenfor realistiske rammer.
- h) Dersom de sakkyndige kommer til at "overutslippene" isolert sett idag representerer enten en teknisk målbar, eller for almenheten registrerbar, størrelse, bør det også uttales noe om hvorvidt denne forskjell kan gjenopprettes.
- i) Dersom de sakkyndige finner det nødvendig å ta stilling til øvrige spørsmål, bes dette også redegjort for.

**Vedlegg 2**

Utslipp til vann fra Saugbrugsforeningen (data fra dokument 4 ,bilag 5).

ÅR	Utslipp av susp. mat (tonn/døgn)	Oppløst organisk materiale som KOF (tonn/døgn)	KOF/Susp.mat (tonn O <sub>2</sub> /tonn susp)
77	7.3		
78	5.9		
79	8.4		
80	9.2		
81	12.9		
82	13.5		
83	10.2	113	11.1
84	10.9	95	8.7
85	13.6	101	7.4
86	10.9	112	10.3
87	11.5	98	8.5
88	7.7	123	16.0
89	5.22	124	23.8
90	4.3	73	17.0
91	3.2	55	17.2
92	1.7	11	6.5
93	0.99	8	8.1

### Vedlegg 3

Basert på relasjonen under har en beregnet F (%) for ulike vannmasser (0-5m, 5-20m, <20 m) utenfor og innenfor Halden (Ytre, Indre) ved ulike oksygenkonsentrasjoner i vannet (1-7 mg/l) og ulike mengder overutslipp (2-2670 ton/år).

For potensielt oksygenforbruk knyttet til løste forbindelser har en da

$$1) \quad F = (K_O \times V \times A / O \times k_1) \times 100$$

og for oksygenforbruk knyttet til det partikkelære forbindelser

$$2) \quad F = (K_O \times V \times A / O \times k_2) \times 100$$

der

F(%)=Prosentvis andel av overutslippene som gir oksygenkonsentrasjon=0

K<sub>O</sub>=Oksygenkonsentrasjon i angjeldende vannmasse (mg/l)

V=Vannvolum i 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

A=365/oppholdstiden (dager)

O=Overutslipp (tonn/år)

k<sub>1</sub>=14.4

k<sub>2</sub>=1.4

## Vedlegg 3 (fortsettelse)

Beregningsgrunnlag for F (%).

	Oksygenkon sentrasjon i vannet (mg/l)	Vannvolum (mill m <sup>3</sup> )	Oppholdstid (d)	k	Overutslipp (tonn/år)	F (%)
Ytre >20m	2	18.998	182.5	1.4	2670	2.0
Ytre >20m	2	18.998	182.5	1.4	1790	3.0
Ytre >20m	2	18.998	182.5	1.4	230	23.6
Ytre >20m	2	18.998	182.5	1.4	2	2714.0
Indre >20	1	77.492	365	1.4	2670	2.1
Indre >20	1	77.492	365	1.4	1790	3.1
Indre >20	1	77.492	365	1.4	230	24.1
Indre >20	1	77.492	365	1.4	2	2767.6
Ytre 5-20	4.2	44.344	9	14.4	2670	19.6
Ytre 5-20	4.2	44.344	9	14.4	1790	29.3
Ytre 5-20	4.2	44.344	9	14.4	230	228.1
Ytre 5-20	4.2	44.344	9	14.4	2	26226.6
Indre 5-20	2.8	153.788	75	14.4	2670	5.5
Indre 5-20	2.8	153.788	75	14.4	1790	8.1
Indre 5-20	2.8	153.788	75	14.4	230	63.3
Indre 5-20	2.8	153.788	75	14.4	2	7276.5
Ytre 0-5	5.6	21.088	4	14.4	2670	28.0
Ytre 0-5	5.6	21.088	4	14.4	1790	41.8
Ytre 0-5	5.6	21.088	4	14.4	230	325.4
Ytre 0-5	5.6	21.088	4	14.4	2	37416.6
Indre 0-5	5.6	71.753	30	14.4	2670	12.7
Indre 0-5	5.6	71.753	30	14.4	1790	19.0
Indre 0-5	5.6	71.753	30	14.4	230	147.6
Indre 0-5	5.6	71.753	30	14.4	2	16974.9



---

**NIVA**



**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2654-0