

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
Blindern

0 - 185/73

RESIPIENTVURDERINGER AV IDDEFJORDEN/SINGLEFJORDEN

Vurdering av planlagte  
avlastningstiltak i Iddefjorden

Saksbehandler: cand.real. Erik Andreassen  
Medarbeider : Instituttssjef Kjell Baalsrud  
Avsluttet : 25. januar 1974

## F O R O R D

Fra 1920 og frem til i dag er det utført målinger i Iddefjorden, både fra svensk og norsk side. Undersøkelsene har vært utført av forskjellige institusjoner og med forskjellig siktepunkt. Selv om resultatene er spredt over et langt tidsrom og på mange måter ikke lar seg bruke ved direkte sammenstillinger, gir de et relativt fylldig dokumentasjonsmateriale og en god forståelse av hovedtrekkene i Iddefjordens tilstand og utvikling.

I et møte i Miljøverndepartementet den 21. desember 1973 ble Norsk institutt for vannforskning (NIVA) anmodet om å gi en vurdering av fjordens tilstand og den forventede utvikling ved iverksetting av planlagte avlastningstiltak.

På tross av at slike vurderinger alltid må bygge på visse forenklete problemstillinger og at en kunne ønske et langt fyldigere dokumentasjonsmateriale før det gis klare kvantitative prognoser, viser vurderingen at de planlagte avlastningstiltak vil gi store forbedringer i Iddefjorden.

Erik Andreassen

Brekke, 25. januar 1974

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
1. KARAKTERISTISKE DATA	4
2. HYDROGRAFISKE FORHOLD I TERSKELFJORDER	4
2.1 Iddefjordens hydrografi	5
3. FORURENSNINGSTILFØRSLER	7
4. FORURENSNINGSVIRKNINGER	8
4.1 Overflatelaget	8
4.2 Dyp- og bunnvannet	11
5. REDUKSJON AV FORURENSNINGSTILFØRSLER	13
6. VIRKNINGER I RESIPIENTEN	14
6.1 Overflatelaget	14
6.2 Dyp- og bunnvannet	16
7. AVSLUTTENDE BEMERKNINGER	17

FIGURFORTEGNELSE

Figur 1	Langsgående dybdeprofiler i Iddefjorden	18
" 2	Oksygeninnholdet i Iddefjorden 21. aug. 1969	19
" 3	Siktedyp i Iddefjorden	20

## 1. KARAKTERISTISKE DATA

Iddefjordens lengde er ca. 25 km, og arealet er ca.  $21,36 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ . Samlet volum er ca.  $404,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Fjorden er oppdelt i bassenger ved en rekke terskler, hvorav Bjällvarpterskelen (på 9,5 m dyp), Svinesundsryggen (på 10 m dyp), Knivsøyterskelen (på 23 m dyp) og ryggen ved Brattøya (på 20 m dyp) er av hydrografisk og forureningsmessig betydning. I ytre fjord finnes på flere steder markerte innsnevringar. Således er tverrsnittsarealet ved Bjällvarpterskelen  $500 \text{ m}^2$  og ved Svinesund  $880 \text{ m}^2$ . Fjordens største dyp er ca. 50 m og middeldypet er ca. 20 m. Fjordens dybdeprofil er gjengitt i figur 1.

Fjorden har en betydelig ferskvannstilførsel:

gjennomsnittlig årlig avløp ca.	40,0	$\text{m}^3/\text{sek.}$
største	"	"
minste	"	"

Ferskvannstilførselen er konsentrert til Berby og Tista med henholdsvis ca. 30 og 60% av den totale tilrenning.

Tidevannsamplituden er liten og varierer over året innenfor 10 - 15 cm.

## 2. HYDROGRAFISKE FORHOLD I TERSKELFJORDER

I en terskelfjord kan vannmassene skjematisk inndeles i horisontale lag. Kjennskap til denne sjiktningen er viktig for forståelsen av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Ferskvann som tilføres fjorden vil gradvis oppta og innblande underliggende sjøvann samtidig som det danner en utoverrettet overflatestrøm med lav saltholdighet. Under denne går en kontinuerlig inngående kompensasjonsstrøm fra utenforliggende områder. Dette strømbilde benevnes estuarinsirkulasjon, og styres hovedsakelig av de tilførte ferskvannsmengder, men påvirkes også av fjordens topografi.

Overgangssonen mellom overflatelaget og det underliggende sjøvann kalles spranglaget. Dette lags beliggenhet og vertikale utstrekning varierer i løpet av året, men danner ofte et skille mellom de kontinuerlige ut- og inngående vanntransporter ved estuarinsirkulasjonen.

I sjøvannet, nært under spranglaget (det intermediære vannlag), kan det i tillegg til den kontinuerlige innstrømming skje periodevis ut- og innstrømming avhengig av et komplisert samspill mellom tetthetsforskjeller i og utenfor fjorden, meteorologiske, geografiske og topografiske forhold. Topografiske særtrekk (terskler og tverrsnittsarealer) er av sentral betydning for de intermediære diskontinuerlige vannutskiftninger.

Tidevannsvariasjoner kan bevirke vanntransport - både i overflatelaget og i det intermediære vannlag. I Østlandsområdet er tidevannsvariasjonene små og de resulterende vanntransporter er av langt mindre interesse enn f.eks. på Vestlandet.

Dyp- og bunnvannet kan, avhengig av terskeldypet, være hindret i sin horisontale kommunikasjon med vannmassene utenfor. I sterkt lagdelte og dype terskelfjorder vil dyp- og bunnvannet bare periodevis utskiftes. Tiden mellom utskiftningene (stagnasjonsperioden) bestemmes av vertikale blandprosesser inne i fjorden og hydrografiske endringer i vannmassene utenfor.

De vertikale blandprosesser er sterkt influert av forholdene i ovenforliggende vannlag, så som intermediære vannutskiftninger, tidevannstransporter, variasjoner i den estuarine sirkulasjon, lagdelingen mellom overflatelaget og det intermediære vannlag samt av vintersirkulasjonen som følge av avkjøling (konveksjonsstrømmer), vindpåvirkning m.v.

## 2.1 Iddefjordens hydrografi

Iddefjordens overflatelag når vanligvis ikke dypere enn ca. 5 m og sjelden dypere enn 10 m under overflaten (dypet varierer med årstid

og ferskvannstilførsel) og inneholder ofte mindre enn 15 ‰ salt ved Svinesund. I de indre områder kan overflatelaget inneholde lite salt. Den estuarine kompensasjonsstrøm regnes å gå i 5 - 10 meters dyp, og saltinnholdet varierer (10 - 25 ‰) over året. Periodevis er denne saltvannstransporten svak, hvilket må sees i sammenheng med tersklene ved Bjällvarp og Svinesund. Overflatelagets teoretiske oppholdstid er beregnet til 5 - 8 døgn avhengig av ferskvannstilrenningen. Det intermediære dyp strekker seg fra ca. 10 til ca. 20 m under overflaten. Den estuarine kompensasjonsstrøm og diskontinuerlige horisontale vanntransporten påvirker dette laget. Eksisterende målinger gir ikke et tilstrekkelig grunnlag for å beregne de intermediære vannutskiftninger.

Den sterke lagdeling i fjorden virker som en sperre mot vertikal omblending, og dypvannsfornyelse er derfor helt avhengig av at det skjer en innstrømming av nytt vann utenfra.

Fjordens bunn- og dypvann (under ca. 25 - 30 m) er på grunn av terskelformasjonen i lengre perioder helt avstengt fra vannmassen i tilsvarende dyp utenfor Bjällvarp. Ut fra det foreliggende datamateriale kan en vanskelig foreta sikre beregninger av stagnasjonstiden. For dypvannet i de enkelte hovedbassenger synes det å kunne være  $3/4$  til vel et år, mens bunnvannet muligens kan ha noe lengre oppholdstid. Ved dyp- og bunnvannsutskiftninger vil det imidlertid ikke nødvendigvis skje en fullstendig fornyelse i hele fjordens lengde.

Det gamle bunn- og dypvann i et basseng vil i noen grad strømme over i bassenget innenfor og iblandes i dette bassengs vannmasser.

Den reelle oppholdstid for en vilkårlig dyp- og bunnvannsmasse kan derfor bli betydelig lengre enn  $3/4$  - 1 år.

Icdefjordens naturforhold gjør følgelig dypvannet meget utsatt for å bli overbelastet med tilførsler av nedbrytbart organisk stoff og stoffer som ved sin kjemi legger beslag på vannmassenes oksygeninnhold.

### 3. FORURENSNINGSTILFØRSLER

Overslagsberegninger tyder på at fjorden daglig mottar ca. 100 tonn  $BOF_7$ /døgn i form av lett nedbrytbart organisk materiale. ( $BOF_7$ -verdiene angir den oksygenmengde som på 7 døgn forbrukes for å nedbryte det tilførte organiske materiale). Ca. 90-95% av disse tilførsler skriver seg fra kontrollerbare utslipp (urban påvirkning og industriutslipp), mens 5-10% skyldes vanskeligere kontrollerbare avrenninger fra dyrket mark og spredt bosetting samt avrenning fra skog og utmark.

Tilførslene av tungt nedbrytbart organisk materiale er noe vanskeligere å beregne, men utgjør trolig ca. 35 - 40 tonn pr. døgn, vesentlig trefiber og barkavskrap og humusstoffer i ellevannet.

En angivelse av næringstilførsler (fosfor og nitrogen) blir noe skjønnsmessig, idet en ikke har basismateriale for pålitelige beregninger.

En vesentlig del av fosfor og nitrogentilførslene skyldes tilskudd fra industrivirksomhet. For treforedlingsindustri har en vanligvis regnet næringssaltutslipp som små i forhold til belastningen med organisk stoff. Bidraget vil imidlertid være av betydning som følge av store produksjonskvanta og ved at barking i større grad enn tidligere foregår ved foredlingsbedriftene. Også annen industri gir tilskudd av næringssalter, dels ved at disse kan frigjøres fra råvarene under produksjonsprosesser, dels ved at tilsetningsreagenser inneholder fosfor og nitrogen og dels fra industrivaskemidler.

Tilskudd fra boligområder og avrenning fra jord og skog til Iddefjorden utgjør en betydelig større andel av totaltilførslene m.h.t. næringssalter enn med organisk stoff.

Totaltilførslene av fosfor er av størrelsesorden:

Fosfor : 200 - 300 kg P/døgn

Nitrogen : 10 000 - 12 000 kg N/døgn

hvilket er ca. 3 ganger høyere enn belastningen i Mjøsa, regnet som g pr. m<sup>2</sup> pr. år. (Forurensningsvirkningen er imidlertid ikke sammenliknbare bl.a. beroende på ulik oppholdstid, forskjellig siktedyp, ulik primærbelastning med organisk stoff m.v.).

Tilførsel fra luften (spesielt nitrøse gasser) via nedbør vil kunne være av betydning, men er ikke kjent. Normalt vil en ved bestemmelse av N-og P-innhold i tilrenningsvann indirekte bestemme tilførslene fra luften.

Utslipp av komponenter som bevirker et kjemisk oksygenforbruk i fjorden (f.eks. sulfid og toverdige jern) er ikke kjent, men industrivirksomheten i distriktet kan tyde på at slike utslipp ikke er uvesentlige.

Iddefjordens belastning med tungmetaller og andre miljøgifter (cyanider, rester av insektisider, soppbekjempningsmidler og dispergenter), har en ikke grunnlag for å beregne.

Tilførslene av tungmetaller som nikkell, sink, kobber, bly og kvikksølv er betydelige. Sedimentanalyser viser klart at fjordområdet er meget høyt belastet. Sedimentprøver fra Singlefjorden viser også et høyt metallinnhold. De enkelte kilder og deres prosentvise andel kjenner en ikke godt nok til å kunne gi beregninger over totaltilførslene, men treforedling vil bidra ved utløsning av metaller i forbindelse med produksjon av cellulose. Videre tilsettes kjemikalier med et visst metallinnhold. Av andre kilder kan nevnes kjemisk overflatebehandling av metaller.

#### 4. FORURENSNINGSVIRKNINGER

##### 4.1 Overflatelaget

Det alt vesentlige av fjordens primærtillførsler skjer til overflatelaget. Fjordens forurensningsbelastning atskiller seg fra de fleste andre norske fjorder i kvalitativ og kvantitativ henseende, Iddefjordens forurensningstilstand er preget av direkte tilførsler av



organisk stoff. Mengdemessig utgjør belastningen ca. 5 g BOF<sub>7</sub> pr. m<sup>2</sup>/døgn i hele fjordens overflate eller ca. 1,1 g BOF/m<sup>3</sup> pr. døgn i overflatelaget (ned mot 5 m dyp).

Denne resipientmessige belastning på overflatelaget medfører at dette - for å opprettholde en positiv oksygenbalanse - i middel må tilføres ca. 100 tonn oksygen pr. døgn, forutsatt at de tilførte forurensninger skulle nedbrytes i overflatelaget før dette ble transportert ut av fjorden. Dersom dette skulle dekkes ved tilførsel av friskt vann som ikke skulle tappes for mer enn 50% av sitt oksygeninnhold, vil det medgå omtrent  $2 \cdot 10^7$  m<sup>3</sup>/døgn. Til sammenlikning kan nevnes at midlere vannføringer i Glomma er ca.  $6 \cdot 10^7$  m<sup>3</sup>/døgn.

Nå vil imidlertid betydelige mengder av det lett nedbrytbare organiske stoff omsettes til sedimenterbart materiale som følge av at det utnyttes av sopp, bakterier og andre mikroorganismer. I denne sammenheng er tilførslene av næringssalter av vesentlig betydning. Den fullstendige nedbrytning vil ikke skje i fjordens overflatelag, men i de underliggende vannmasser. Sedimentasjon kan vanskelig berregnes. Forsiktige anslag kan tyde på at den utgjør i det minste 20 - 30% av tilført organisk stoff. Likeledes vil betydelige mengder organisk stoff føres ut av Iddefjorden uten å bli fullstendig nedbrutt. (Den teoretiske oppholdstid, ca. 5 - 8 døgn tilsvarer imidlertid ikke den reelle, idet langt de største forurensningene (ca. 95%) og ca. 60% av ferskvannet tilføres fra Haldenområdet, hvorved oppholdstiden blir atskillig kortere). Pålitelig mengdeangivelse kan med det nåværende datamateriale ikke fremskaffes, men løse overslag basert på siktedyp og vurderinger av oksygen og salinitetsmålinger tyder på at transporten av organisk stoff ut av Iddefjorden er av vesentlig betydning. På bakgrunn av oppholdstidsberegninger for området Halden-Sponvika, kan denne transport anslås til ca. 10 - 30% av tilført organisk stoff.

Oksygentilførsler fra luften er av stor betydning når det i overflatelaget foregår oksygenkrevende nedbrytningsreaksjoner. Et økt oksygenbehov vil gi økt tilførsel av oksygen fra luften, avhengig

av stabiliteten i overflatelaget.

Målinger i Iddefjorden viser at den aktuelle nedbrytning i fjordens overflatelag er så vidt betydelig at de samlede oksygentilførsler ikke er tilstrekkelige til å opprettholde selv 50% metning i vannmassen over spranglaget (ned til 5 - 10 dyp). Ved et tokt den 21. august 1969 ble observert under 10% metning i 4 m dyp i hele midtre fjord og i deler av indre og ytre fjord. Under 5 m dyp ble det funnet hydrogen-sulfid i midtre og indre fjords vannmasser, jfr. figur 2.

Primærproduksjonsmålinger og pålitelige analyser av planktonet er ikke foretatt, men ut fra de hydrokjemiske målinger og målinger av siktedyp, kan en gå ut fra at fjordens tilstand i dag ikke gir betingelser for primærproduksjon av betydning i planktonet. Siktedyps-målinger er gjengitt i figur 3.

Nyere undersøkelser av fastsittende alger har vist at det innenfor Sponvika praktisk talt ikke finnes slike. Dette er satt i sammenheng med giftvirkning i vannmassene samt ved mekanisk påvirkning i forbindelse med sedimentasjon av partikulære forurensninger. Giftvirkningene er antatt å skyldes utslipp av avlut. Det lave saltinnhold i overflatelaget kan ikke alene svare for reduksjonen av fastsittende alger.

Overflatelaget er i estetisk-rekreativ henseende sterkt preget av utilfredsstillende siktedyp, farge og tilstedeværelse av flytestoffer. Stedvis utgjør skumdannelse og sedimentflotering (p.g.a. gass-utvikling i bunnen) et dominerende trekk. Forekomst av sopp og bakterier i store mengder er alminnelig i Halden-området. Primærtillførsler av ikke-organisk partikulært materiale og tilførsler av fargestoffer er også av stor betydning for siktedypet.

I hygienisk henseende har en fra svensk side påpekt at bakterietall fra overflateprøver er til dels betydelig høyere enn det som kan ansees forsvarlig. Vannet angir generende l. ft selv i betydelig avstand fra utslippsstedene.

Den eksisterende forurensningsbelastning og den resulterende dårlige vannkvalitet i overflatelaget er betydningsfull m.h.t. innvandring av laks, sjøørret og ål. For de øvrige fiskeslag er situasjonen slik at en i dyplagene (se nedenfor) har de mest tilfredsstillende saltforhold, men her har en hydrogensulfid i vannmassene.

#### 4.2 Dyp- og bunnvannet

Dyp- og bunnvannet i bassengene i midtre og indre fjord mottar forurensningstilførsler i form av utslipp av sedimenterbart materiale (trefiber, barkavskrap, partikulære forurensninger fra kommunalt avløpsvann samt tilførsler via elvevann). Den indirekte belastningen ved sedimentering fra overflatelaget (jfr. side 9) er imidlertid av stor betydning.

Stagnasjonen av dyp- og bunnvannet fører til at selv såvidt langsomt nedbrytbare materialer som trefiber og bark er sentrale for vannmassenes oksygenbalanse.

Dyp- og bunnvannets oksygentilførsler er også influert av at det i overflatelaget og i mellomdypet foregår et betydelig forbruk av oksygen. Således vil tilførsel av oksygen ved vertikale og horisontale vanntransporter (omrøring i vannmasser og estuarin kompensasjonsstrøm) i stor grad forbrukes i de høyereliggende lag uten å komme dyplagene tilgode. Oksygentilførslene der foregår hovedsakelig ved dypvannsfornyelse.

Som følge av at det lenge har funnet sted en overbelastning av dyp- og bunnvannet, er det opparbeidet en betydelig oksyngjeld (ufullstendig nedbrutt organisk materiale, utviklet hydrogensulfid samt andre reduserte forbindelser) som legger beslag på betydelige oksygenmengder hver gang det skjer en dyp- og bunnvannsfornyelse, slik at det etter kort tid igjen er hydrogensulfid i vannmassen. Det foreliggende datamateriale gir ikke grunnlag for sikre beregninger av oksyngjeldens størrelse, men enkeltmålinger tyder på at det samlede oksygenbehov i dyplagene (oksyngjeld samt tilførsler av nedbrytbart organisk stoff) er av størrelsesorden 100 - 150% av

årlig tilført oksygen. Videre tyder målingene på at oksyngjelden har økt i de senere 10 - 20 år. Dyp- og bunnvannet gir i dag ikke eksistensgrunnlag for fisk eller andre dyr.

Innholdet av tungmetaller i sedimenter avtar med avstanden fra Halden, innover såvel som utover i fjorden, og de høyeste verdiene finnes i øverste lag i sedimentet. Dette kan tyde på at tilførslene finner sted i Haldenområdet og at det har forekommet en økning frem til i dag. Imidlertid kan analysedataene ikke umiddelbart anvendes til mer inngående mengdeberegninger idet faktorer som tilstedeværelse av kompleksbindere (f.eks. humusstoffer og EDTA. Ca. 50 tonn EDTA tilføres fjordvannet pr. år) er av betydning for spredningen av tungmetallene. Likeså er vannmassenes og sedimentenes surhet og oksygen/hydrogensulfid bestemmende for metallforbindelsenes tilstandsform og løselighet. Flere av tungmetallene vil i anoksisk miljø danne sulfidforbindelser og løseligheten endres. Sedimenters nedbrytningsgrad er også av betydning for tungmetallenes fordeling og mengde. Mudringsarbeider er også av stor interesse for spredningen av tungmetaller, både ved den direkte overføring av mudder til nye områder og ved at muddermassenes kontakt med vannmassene økes.

Med forbehold for overnevnte synes innholdet av sink å være ca. 10 - 20 ganger, kobber ca. 50 ganger, bly ca. 20 ganger og kvikksølv ca. 10 ganger høyere i Iddefjordsedimentene enn i sjøområdet utenfor Hvaler. Kvikksølv utgjør for såvidt et unntak fra det generelle bildet, idet de høyeste verdiene finnes 30 - 50 cm under sedimentoverflaten (i Iddefjorden) hvilket kan tyde på at tilførselen har avtatt. For de øvrige tungmetaller synes innholdet å avta nedover i sedimentet. Målinger i Iddefjordens vannmasser viser et betydelig høyere tungmetallinnhold (2 - 200 ganger) enn det som anses normalt i sjøvann.

## 5. REDUKSJON AV FORURENSNINGSTILFØRSLER

Nedenstående vurdering bygger på at forurensningsbelastningen ved planlagte og sannsynlige rensetekniske tiltak vil omfatte:

### Treforedlingsindustri

90% gjenvinning av avlut uten baseskifte

50% reduksjon av kondensatutslipp

90% reduksjon av fibertap

### Øvrig industri

Pålitelige data for utslippsmengder og sannsynlige rensetekniske tiltak kjenner en ikke til.

### Kommunale utslipp

Fremtidig mekanisk/kjemisk rensing.

### Det forutsettes ikke endrede utslippsanordninger

Videre forutsettes at det ikke etableres nye utslipp med oksygenforbrukende karakter, f.eks. direkteutslipp av  $SO_2$  - ved våtvasking etter forbrenning av avluten. Et slikt utslipp vil innebære et kjemisk oksygenforbruk på ca. 0,25 tonn oksygen pr. tonn  $SO_2$  som tilføres resipienten.

Det planlagte og sannsynlige rensetekniske tiltak vil gi resipienten avlastning i følgende størrelsesorden.

Lett nedbrytbart organisk stoff	45 - 55%
Tungt " " "	70 - 80%
Fosfor " " "	30 - 40%

Det kan vanskelig gis anslag for nitrogen, idet disse tilførsler vil være vesentlig avhengig av hvordan den oppsamlede avlut blir disponert. Således vil det ved forbrenning dannes betydelige mengder

nitrøse gasser ( $\text{NO}_x$ ) bl.a. ved delvis oksydasjon av luftens nitrogen. Med hensyn til fargestoffer vil det også finne sted en reduksjon, men denne kan vanskelig beregnes.

Belastninger med metaller fra treforedling vil trolig avta tilsvarende askeresten etter forbrenning av avluten. For de kommunale utslipp tilsvarende kloakkslammets metallinnhold.

## 6. VIRKNINGER I RESIPIENTEN

Ved at tilførselreduksjonene ikke er prosentvis like stor for organisk stoff som for næringssaltelementet fosfor (nitrogenutslippene er langt vanskeligere å anslå), vil forholdstallet mellom karbon og fosfor (C : P) avta og nærme seg mer mot forholdstallet i marint organisk materiale. Dette kan medføre at selve nedbrytningsforløpet i resipienten blir forskjellig fra det reduksjonen i organisk stoff skulle tilsi. Avløpsvann fra treforedlingsindustri har et underskudd på næringssalter og fosforutslippene er således av betydning for den heterotrofe vekst i resipienten.

Dersom f.eks. det kommunale avløpsvann ikke befris for fosfat vil fosforreduksjonen utgjøre anslagsvis 20%, og fosfor kan da spille en betydelig rolle for belastningsvirkningen i resipienten, d.v.s. nedbrytningshastigheten vil kunne øke og en prosentvis mindre del vil føres ut av fjordsystemet.

Reduksjonen i de stadige metalltilførsler vil være av betydning for en eventuell rekolonisering av dyr i området.

### 6.1 Overflatelaget

Forsiktige beregninger av belastningsreduksjonen i overflatelaget i Iddefjorden - med forbehold for reservasjoner m.h.t. endret omsetningshastighet og vanntransport ut av fjordsystemet, tyder på at oksygenbehovet ved nedbrytning av lett omsettbart organisk stoff i selve fjorden vil utgjøre ca. 30 - 40 tonn/døgn.

I middel vil de disponible oksygentilførslene med elvevann utgjøre ca. 15 - 20 tonn oksygen pr. døgn og den estuarine kompensasjonsstrøm ca. 10 - 20 tonn oksygen pr. døgn, avhengig av innstrømmingsdyp og oksygeninnhold. Tidevannsbevegelsens betydning for oksygentransporten kan vanskelig vurderes, og er ikke inntatt i beregningene. Således utgjør tidevannstransporten en reserve med hensyn til oksygentilførsel. Ved at oksygenopptak fra luften er proporsjonalt avhengig av overflatelagets oksygerinnhold, vil denne faktors betydning avta noe som følge av en bedring i overflatelagets oksygenbalanse. Med utgangspunkt i 50% metning i overflatelaget trengs en oksygentilførsel fra luften på omlag 10 tonn pr. døgn, eller 0,4-0,5 g pr. m<sup>2</sup> fjordoverflate pr. døgn. Med god omrøring i overflatelaget er tilførselen fra luften beregnet til å kunne utgjøre flere ganger overnevnte behov. Et nærmere kjennskap til lagdelingen og spesielt de øverste få cm er nødvendig før en kan gi mer sikre data for Iodefjorden, men det er lite trolig at oksygentilskuddet fra luften vil gå under 20-30 tonn oksygen pr. døgn basert på 50% oksygenmetning i overflatelaget.

Fjordvannets siktedyp påvirkes av vannmassenes belastning med partikulære forurensninger (fiber, slam og bakterie-soppvekst som følge av den store primærbelastningen med oppløst lett nedbrytbart organisk stoff, samt av fargestoffer). Den planlagte belastningsreduksjon som er antatt å utgjøre 45-55% lett nedbrytbart organisk stoff. 70-80% tungt nedbrytbart organisk stoff (vesentlig fiber) vil føre til en klar bedring i siktedypet. Eksakte tall kan vanskelig angis p.g.a. samvirkning med andre faktorer, men en 50 - 100% økning av siktedypet synes ikke utenkelig på kort sikt.

Økningen i siktedypet, nedsatt sedimentering samt opphør av giftvirkningen fra avluten, kan bedre forholdene m.h.t. planteproduksjon (dermed vil overflatelaget også tilføres oksygen som følge av økt primærproduksjon). Forholdene vil imidlertid neppe ligge tilrette for masseoppblomstringer av planktonalger, idet siktedypet fortsatt vil ligge over sprannglaget og ved at fjordens overflatelag har en relativt kort oppholdstid.

## 6.2 Dyp- og bunnvannet

En reduksjon i primærbelastningen med fiber og nedsatt vekst av heterotrofe organismer i overflatelaget vil gi vesentlig avlastning av dyp- og bunnvannet m.h.t. oksygenforbruk. Eksakte data kan vanskelig gis, idet en ikke kjenner godt nok til hvor mye som sedimenteres og hvor stor oksynggjeld som er opparbeidet under den langvarige overbelastning. Hva angår belastningen med fibermateriale vil nedbrytningen i alt vesentlig foregå ved bunnen, men mineraliseringen går neppe så raskt at det er en proporsjonalitet mellom utslippsmengde og nedbrytning. Sedimentanalyser tyder på at store mengder fiber akkumuleres på en slik måte at en over store områder har en oppbygging av ikke-mineralisert slam. De stadige oppmudringer på Halden havn illustrerer dette. En slik oppbygging av slam medfører at den videre mineralisering i sedimentene må skje uten tilførsel av oksygen selv om de stadig utslippene opphører. Anoksisk mineralisering innebærer dels en dannelse av metan (som fører til at sedimentkaker kan flotere og bringes opp i de øvre vannlag), dels at det foregår en oksydasjon ved utnyttelse av kjemisk bundet oksygen i sulfat og nitrat og det opparbeides en oksynggjeld i form av reduserte forbindelser.

På den annen side er fjorden såvidt grunn at ca. 50% av vannmassene deltar i eller blir sterkt influert av kontinuerlige og hyppige diskontinuerlige utskiftninger. Anslagsvis bare 25% eller ca.  $10^8 \text{ m}^3$  av vannmassen er hovedsakelig avhengig av de egentlige dypvannsutskiftninger for fornyelse.

Det egentlige dypvann vil med de nåværende hydrografiske forhold, på grunn av den opparbeidede oksynggjeld og ved at forholdet vannmasse/bunnareal er mindre enn i de øvre lag, bare forbedres langsomt. Med det nåværende datamaterialet har en ikke grunnlag for å uttale seg om de planlagte avlastningstiltak er tilstrekkelige for å oppnå et fremtidig friskt bunnvann i indre fjord. For vannmassen fra ca. 10 til 20 - 30 m er utsiktene lysere og den naturlige restaureringen vil trolig føre til en relativt rask bedring. Tilførselen av barkavskrap og andre uoversiktlige tilførselskilder er en stor usikkerhet for anslag vedrørende tidsfaktoren.



## 7. AVSLUTTENDE BEMERKNINGER

De planlagte rensetekniske tiltak vil gi en klar kvalitetsforbedring i overflatelaget og mellomdypet. På noe sikt vil det også inntre bedringer i dypvannet, men dette vil i stor grad være avhengig av faktorer en ikke har tilstrekkelig oversikt over. Bedringer i fjordvannet vil være avhengig av hvor tidlig avlastningstiltakene kan settes i verk, idet den nåværende belastning gir stadig dårligere vannkvalitet.

Restbelastningen med organisk stoff vil fortsatt være såvidt stor at ytterligere reduksjoner vil gi resipienten betydelige kvalitetsbedringer.

Oppfølgingsmålinger i resipienten er av betydning for å få et nærmere kjennskap til de kvantitative sidene av slike avlastningstiltak og det bør foretas en grundigere kartlegging av forurensningstilførslene. Spesielt vil en her trekke frem behovet for å få en oversikt over tilførslene i Tista og Berbyelva, belastning med bark, avrenning fra fyllplasser, utslipp fra øvrig industri m.v.

Fortsatte og utvidede resipientundersøkelser vil også være av betydning for en nærmere vurdering av hvordan en dypere utledning av avløpsvann vil kunne påvirke fjordens hydrografi (vannutskiftning).

Dypvannets og sedimentenes anrikning av organisk stoff og tungmetaller tilsier at en radikal utluftning av bunnvannet ved hjelp av dypvannsutslipp eller andre tekniske tiltak bør avventes til det foreligger et bedre naturvitenskapelig grunnlag for å kunne vurdere eventuelle konsekvenser for Iddefjordens tilstøtende vannmasser.

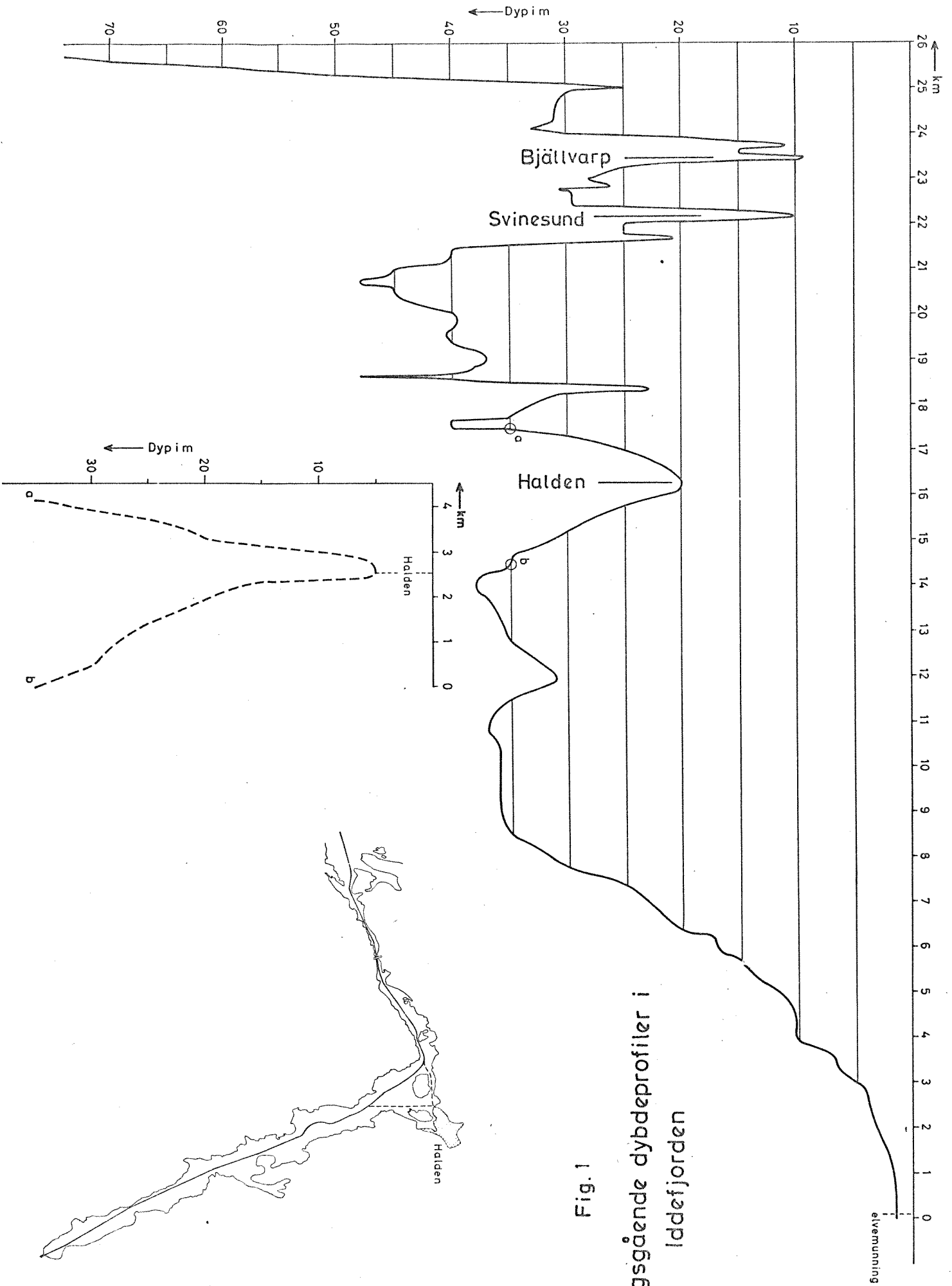


Fig. 1  
Langsgående dybdeprofiler i  
Iddefjorden

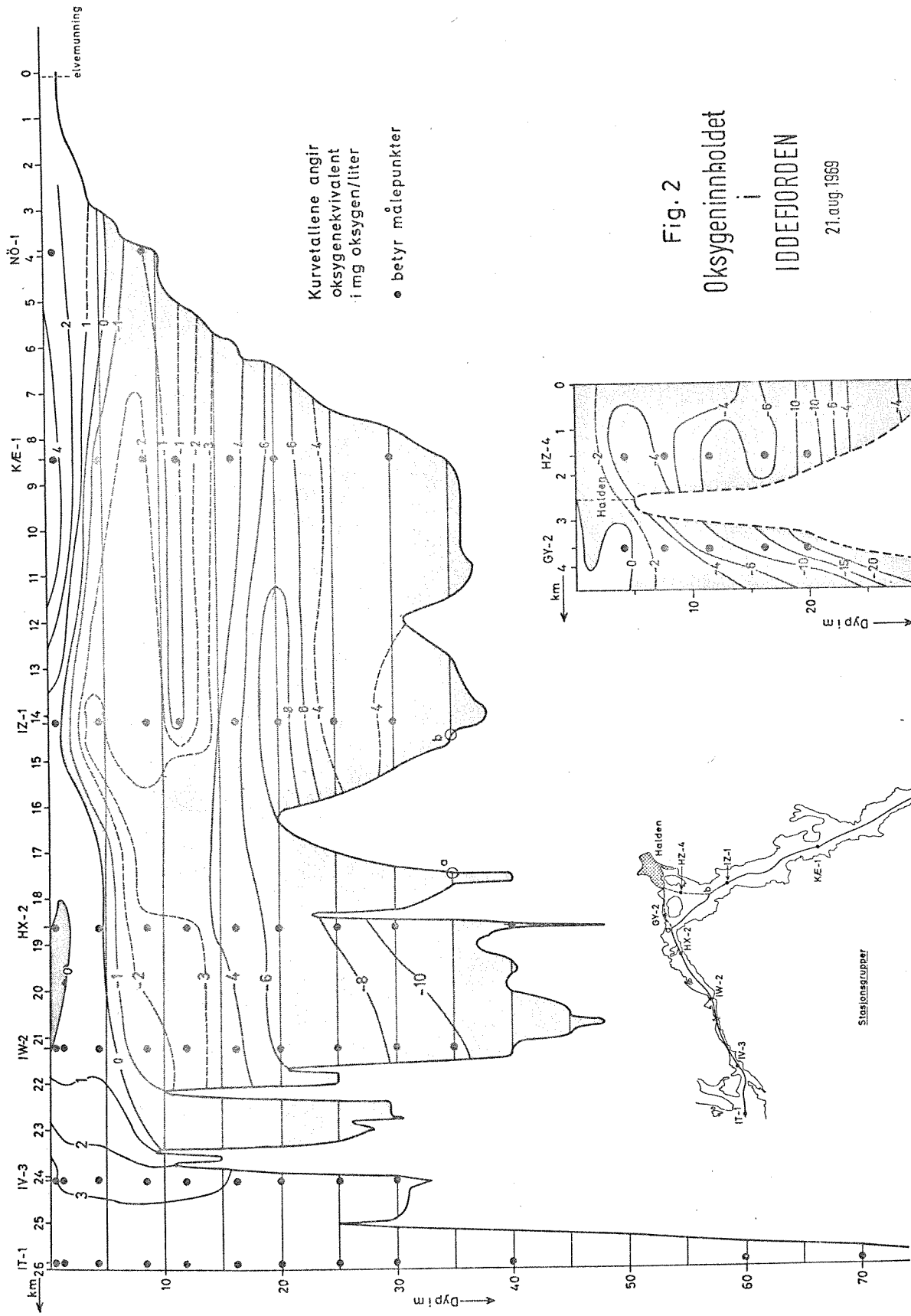
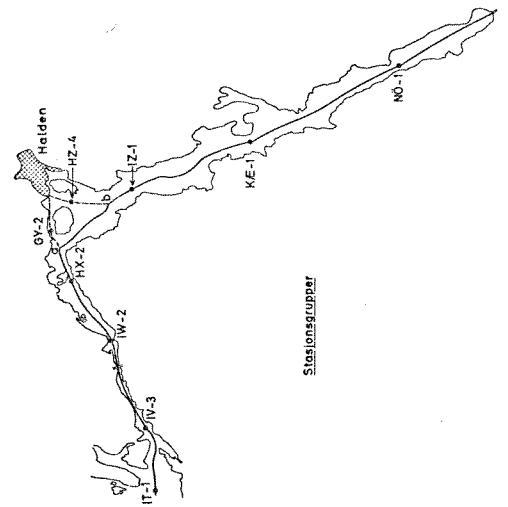
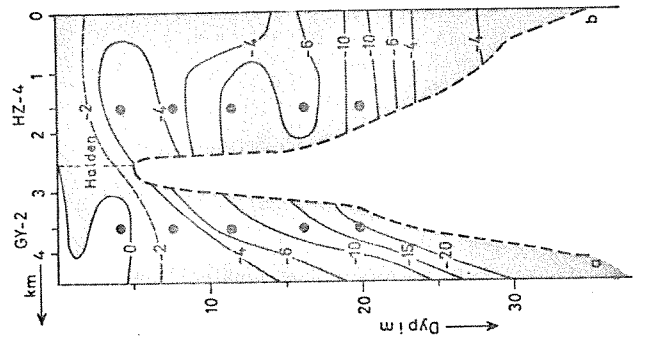


Fig. 2  
Oksygeninnholdet  
i  
IDDEFJORDEN

21. aug. 1969



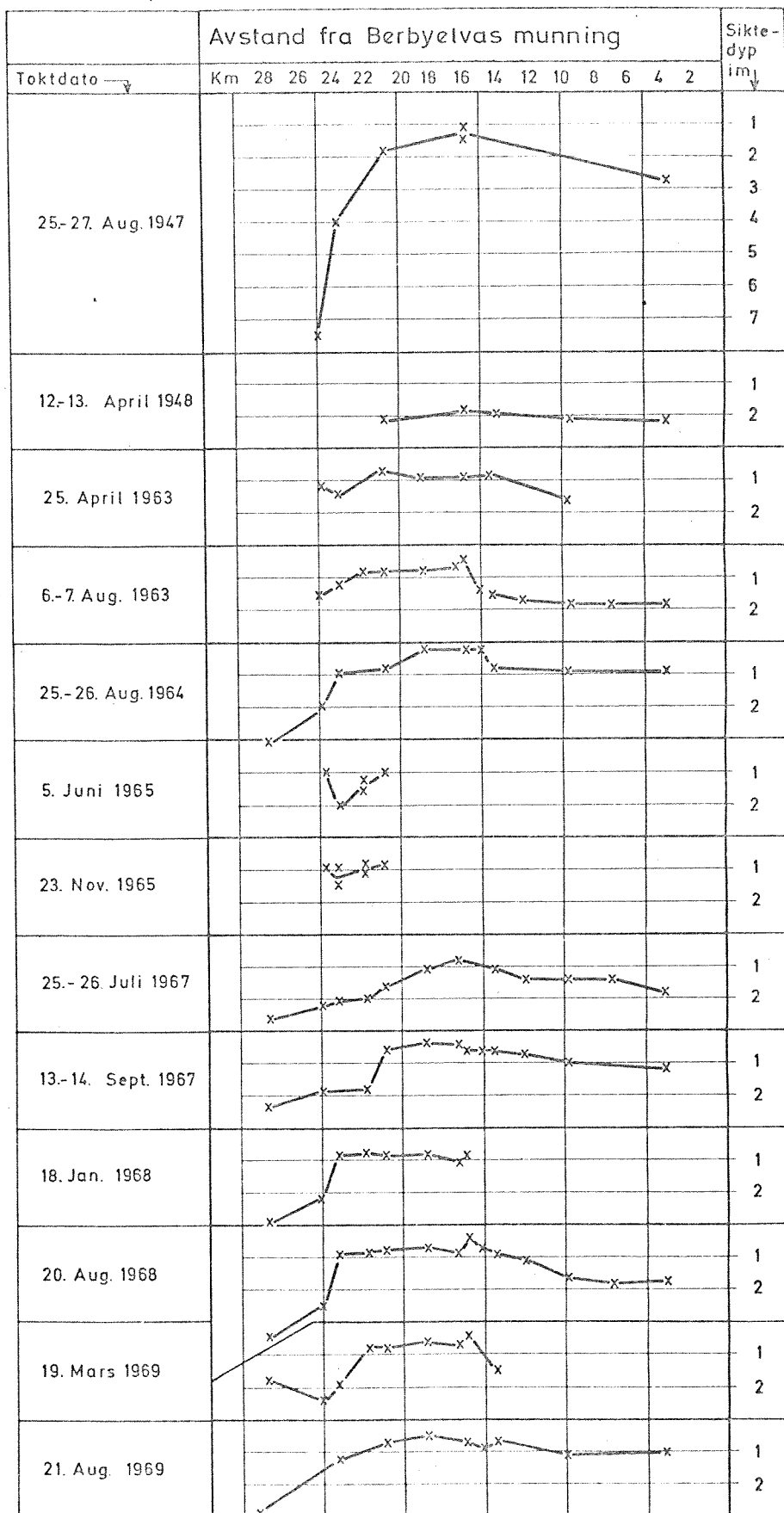


Fig. 3 Siktedyp i Iddefjorden