

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

O-113/64

Forurensningen av Iddefjorden
Vurdering av utslipp ved Kjeøya

Saksbehandler: instituttsjef Kjell Baalsrud
Rapporten avsluttet: mai 1968.

INNHOLDSFORTEGNELSE:	Side:
1. INNLEDNING	3
2. UNDERSØKELSENE	3
3. HYDROGRAFISKE FORHOLD I IDDEFJORDEN OG SINGLEFJORDEN	4
3.1. Innledning	4
3.2. Iddefjorden og Singlefjorden	5
3.3. Undersøkellesmetodikk	7
3.4. Resultater for Iddefjorden	8
3.5. Resultater for Singlefjorden	9
4. PRIMÆRFORTYNNING VED DYPVANNSUTSLIPP VED KJEØ:A	10
4.1. Generelt	10
4.1.2. Fortynningsberegninger	11
4.1.3. Innlagringsprinsipp og innlagringsdyp	12
4.2. Beregning av primærfortynning	15
4.2.1. Forutsetninger	15
4.2.1.1. Avløpsvannets mengde og sammensetning	15
4.2.1.2. Hydrografiske forhold i Singlefjorden	16
4.2.1.3. Utslippsarrangement	16
4.2.2. Fortynning og innlagringsdyp	16
5. DISKUSJON	17
6. KONKLUSJON	18

TABELLFORTEGNELSE:	
1. Analysekomponenter, forkortelser, enheter, prinsipp for analysemetode samt litteraturhenvisning	19
2. Resultater av hydrografiske undersøkelser i Iddefjorden den 25. april 1963	20
3. Resultatene av hydrografiske undersøkelser i Iddefjorden og Singlefjorden den 25. - 27. august 1964	23
4. Resultatene av hydrografiske undersøkelser i Iddefjorden den 10. august 1966	28

1. INNLEDNING

NIVA fikk i juni 1966 oppdrag fra Regionplankomiteén for Halden, Berg og Idd å foreta visse undersøkelser i Iddefjord- Singlefjord-området som kunne belyse en teknisk løsning av Halden-områdets kloakkproblem med tunnel til Kjeøya og dypvannsutslipp i Singlefjorden.

Instituttet foreslo opprinnelig et mere omfattende arbeidsprogram, datert 22. mars 1965, som skulle omfatte både forurensningsbelastningen i Tista og andre tilløp til Iddefjorden og forholdene i selve fjordsystemet.

Regionplankomiteén fant dette forslag av økonomiske grunner for omfattende, idet det ikke var mulig å oppnå statstilskudd for arbeidet.

Det ble senere oppnådd enighet om et avgrenset program som spesielt skulle belyse en bestemt kloakkteknisk løsning.

Instituttet fant denne avgrensingen som fremgår av forslag til arbeidsprogram av 14. juni 1966 arbeidsmessig tilfredsstillende. En del av feltarbeidet kunne kombineres med de pågående undersøkelser av Glomma- og Hvaler-området.

Cand.real. J.E. Samdal har foretatt vurderingen av hydrokjemiske forhold og siv.ing. S. Stene-Johansen har utført beregningene over utslippsanordning og primærfortynningen.

2. UNDERSØKELSENE

Undersøkelsene har stort sett fulgt det foreslåtte opplegg. De få målinger som er gjort i selve Iddefjorden tjener bare til å belyse den generelle utviklingstendens. Målingene er å betrakte som tilfeldige stikkprøver og gir derfor ikke mulighet for en nærmere vurdering av forurensningsårsakene og utskiftningsmekanismen.

I Svinesundområdet over terkslen er det foretatt omhyggelige målinger av strømforholdene for å kartlegge hvorledes vannstrømmene varierer under de forskjellige tidevannsperioder. Det omfattende tallmateriale bearbeides for seg, og vil bli fremstilt som egen rapport. Dette er faglig sett den beste måte

og ansees tilfredsstillende forsåvidt som denne utskiftningsmekanismen har liten betydning for utslippsvurderingene i selve Singlefjorden.

Singlefjordsmålingene har foregått gjennom to perioder i 1966 og 1967 og vil bli fortsatt i 1968 med tanke på senere ajourføringer av de forhold som kan redegjøres for i denne rapport. Basert på de målinger som hittil foreligger, om tetthetsfordelingen i sjøvannet i Singlefjorden, er det foretatt en del hydrauliske vurderinger av dypvannsutslipp.

Fra Halden kommune foreligger det en oppstilling over forventede vannføringer i utslippet i årene fremover, men det foreligger ikke opplysninger om de forurensningsmengder som i fremtiden kan ventes å komme med avløpsvannet.

3. HYDROGRAFISKE FORHOLD I IDDEFJORDEN OG SINGLEFJORDEN

3.1. Innledning

Iddefjorden ble undersøkt ved et svensk-norsk samarbeid i august 1947. Det henvises her til rapportene "Preliminär redegjørelse för undersökningarna av Iddefjorden" fra Statens Vatteninspektion i Sverige og til "Redegjørelse for undersøkelser over fiskets tilbakegang i Svinesund, Iddefjorden som følge av forurensninger fra norske fabrikker i Halden med flere plasser, samt forslag til å minske forurensningene" av Sven Sømme, Paul Bjerkan, Gunnar Alm og Sten Dahlin, datert Oslo, Bergen og Stockholm november 1949.

Statens Vatteninspektion i Sverige gjennomførte undersøkelser i tidsrommet 6. - 7. august 1963, og her henvises til rapporten "Undersökning av Iddefjorden 1963", datert Drottningholm den 20. mai 1964. Senere er flere svenske undersøkelser utført. Før oppdraget i juni 1966 kom i stand, fra Halden kommune, gjennomførte vårt institutt hydrografiske undersøkelser i Iddefjorden og Singlefjorden i forbindelse med pågående undersøkelser av Oslofjorden og Glåmas estuar. Disse undersøkelsen ble påbegynt i 1963 og har tildels pågått like frem til 1967. Denne rapport begrenser seg til omtale av tre hydrografiske tokter den 25. april 1963, 26. - 27. august 1964 og 10. august 1966. Det ansees formålstjenlig å foreta en sammenstilling av samtlige svenske og norske undersøkelser senere.

3.2. Iddefjorden og Singlefjorden

Iddefjorden er relativt grunn. Av en loddskuddserie omtrent midt gjennom fjorden der hvor riksgrensen mellom Sverige og Norge går, fins de største dybder mellom Skysskafferen og Hellerholmen lykter, samt utenfor Ringdalen, Sverige, og ved et mindre område utenfor Knivsøyholmene. Maksimale dyp er 38 - 40 meter. Gjennomsnittsdybden frem til Svinesund kan settes til 18 - 20 meter. Avstanden fra bunnen av Iddefjorden til Svinesund er ca. 10 nautiske mil og vannvolumet innenfor Svinesund er ca. 400 millioner m³.

Andre data av interesse er:

Total areal	21,3 km ²
herav ytre basseng (linje lykt- Langnäs og Kjeøya Hummerholmen)	8,15 km ²
Indre basseng	13,15 km ²
Total lengde (ytre basseng ca. 10 km og indre ca. 15 km)	ca. 25 km

Største tilløp er Tista med:

nedbørfelt	1550 km ²
årlig avløp	751 · 10 ⁶ m ³
eller	15,4 l/sek · km ²
gjennomsnittlig avløp	23,8 m ³ /sek
største årlige avløp	40,5 m ³ /sek
minste årlige avløp	11,6 m ³ /sek

Tilløpet fra Enningselv er mindre enn Tista med:

nedbørfelt	724 km ²
gjennomsnittlig avløp	11,8 m ³ /sek
største årlige avløp	17,1 m ³ /sek
minste årlige avløp	7,7 m ³ /sek

Gjennomsnittlige avløp kan oppsummeres slik:

Tista	23,8 m ³ /sek
Enningselv, Berbyelv	11,8 m ³ /sek
andre bekker	4,0 m ³ /sek
	<hr/>
	39,6 m ³ /sek

Fjordområdet vestenfor og utenfor Sponvika er Singlefjorden. Her fins det varierende dybder med største dyp ca. 95 m. Bedrifter med avløp til Iddefjorden er:

Saugbrugsforeningen
Ankers kartongfabrikk
Haldens Bomuldspinderei og Væveri
A/S Cathrineholm
Wiigs Fabrikker
Fredrikshalds meieribolag

Kloakkutslippene fra bebyggelsen som dreneres til Iddefjorden representerer på norsk side avløp fra ca. 30. 000 personer.

3.3. Undersøkellesmetodikk

Tabell 1 gir en oversikt over enhetene for analyseresultatene, undersøkelsesmetodene som ble anvendt og litteraturhenvisningene for metodene.

Vannets tetthet, S_t , er avhengig av dets temperatur, t , og salinitet, S , som kan skrives:

$$S = 0,030 + 1,8050 \cdot Cl$$

hvor Cl er et uttrykk for saltholdighet eller mer presist vekten (i gram) av klorid i 1000 g sjøvann. Saltholdigheten kan også uttrykkes ved σ_o :

$$\sigma_o = -0,069 + 1,4708 Cl - 0,001570 Cl^2 + 0,0000398 Cl^3$$

uten temperaturkorreksjon.

Tas hensyn til vannets temperatur fås:

$$\sigma_t = \Sigma_t + (\sigma_o + 0,1324) (1 - A_t + B_t(\sigma_o - 0,1324))$$

hvor

$$\Sigma_t = - \frac{(t - 3,98)^2}{503,570} \cdot \frac{t + 283}{t + 67,26}$$

$$A_t = t(4,7867 - 0,098185 t + 0,0010843 t^2) \cdot 10^{-3}$$

$$B_t = t(18,030 - 0,8164 t + 0,01667 t^2) \cdot 10^{-6}$$

Vannets tetthet, S_t , når σ_t og temperaturen er kjent, blir:

$$S_t = 1 + \frac{\sigma_t}{1000}$$

eller:

$$\sigma_t = 1000 \cdot (S_t - 1)$$

Sjøvannets tetthet ved forskjellige, aktuelle temperaturer ligger hovedsakelig i området 1,002 - 1,028 og σ_t vil ligge i området 2 - 28.

3.4. Resultater for Iddefjorden

Resultatene av de hydrografiske undersøkelser i Iddefjorden den 25. april 1963 står sammenstilt i tabell 2.

Vannets tetthet i de forskjellige dyp er inntegnet som σ_t i fig. 1, og fig. 2 viser vannets innhold av oksygen og hydrogensulfid i fjorden på forskjellige dyp.

Tallene for turbiditet i tabell 2 viser gjennomgående høye verdier for overflatelaget med avtagende tendens mot dypet. Ved stasjon Yøe 1 tiltok turbiditeten mot dypet som følge av langt fremskredet dekomponering og anaerobe bunnforhold. Innholdet av lignosulfonsyre var gjennomgående høyest i overflatelaget og viser avtagende tendens mot dypet; et forhold som viser at forurensningene fra distriktets treforedlingsindustri hovedsakelig fordeler seg i overflatevannet. Gjennomgående var vannets innhold av uorganiske næringskomponenter, fosfor og nitrogen, relativt høyt ved alle dyp og alle stasjoner. Innholdet av uorganiske næringskomponenter stammer hovedsakelig fra husholdningskloakkvannet som tilledes Iddefjorden.

Sammenliknes fig. 1 og fig. 2, så fremgår det at bunnvann med relativt høy tetthet gjennomgående inneholdt lite oksygen eller var hydrogensulfidholdig. Ettersom forråtnelsen var langt fremskredet for bunnvannet, tyder dette på at det var gått relativt lang tid siden siste sjøvannsinnstrømming i fjorden.

Resultatene av de hydrografiske undersøkelser den 25. - 27. august 1964 står sammenstilt i tabell 3, mens fig. 3 illustrerer tetthetsfordelingen i fjorden, og fig. 4 viser vannets innhold av oksygen og hydrogensulfid i fjordens forskjellige dyp.

Sammenliknes fjordens hydrografi den 25. april 1963 og 25. - 27. august 1964 fremgår det at dekomponeringen var lengst fremskredet ved sistnevnte prøvetakingsperiode; et forhold som henger sammen med temperaturforholdene i løpet av sommeren.

Det hydrografiske tokt den 10. august 1966 omfattet bare bestemmelse av vannets temperatur, salinitet, oksygen og lignosulfonsyre. Resultatene står sammenfattet i tabell 4, mens fig. 5 illustrerer tetthetsfordelingen i fjorden. I fig. 6 er vannets innhold av oksygen og hydrogensulfid fremstilt.

I henhold til tabell 4 er vannets innhold av lignosulfonsyre avtakende fra overflaten mot dypet ved alle stasjoner på samme måte som ved tidligere prøvetakinger. Særlig høyt innhold av lignosulfonsyre i vannets overflate ble funnet ved stasjonene JII, JIII, JIV.

Tetthetsfordelingene i vannmassene viste, i henhold til figur 5, stort sett samme helhetsbilde som ved tidligere prøvetakinger, mens vannets oksygeninnhold mellom stasjonene JII og JV var betydelig lavere enn i samme fjordområde, f.eks. ved prøvetakingen 25. april 1963. I løpet av sommeren er dekomponeringen blitt så langt fremskredet at det fins anaerobe forhold i fjordområdet mellom stasjon JII og JV fra ca. 10 - 15 meters dyp og til bunn. Selv i overflate-lagene mellom stasjon JII og JV var det lite oksygen til stede i vannmassene.

3.5. Resultater for Singlefjorden

For å få et bilde av sjøvannstilstrømningen i Iddefjorden, ble det både i 1966 og 1967 utført prøvetaking ved Kjeøya fra 0 - 50 m med bestemmelse av temperatur og salinitet. Resultatene av observasjonene er fremstilt i fig. 7 (tidsrom 12. september - 10. desember 1966) og fig. 8 (tidsrom 13. juli - 16. desember 1967).

Resultatene av observasjonene viser et varierende bilde som må tolkes med forsiktighet. I november 1966 var det en markert dypvannsinnstrømning, under et tynt overflatelag og i september hadde en mindre utpreget innstrømning funnet sted. I oktober var vannet relativt brakt til 20 m dyp.

Gjennomgående var det i 1967 betydelige variasjoner av vannets tetthet i forskjellige dyp ved Kjeøya. Ved fire forskjellige prøvetakinger i august, september og oktober (første halvdel og slutten) lå vannmassene med største tetthet relativt dypt, mens det ble funnet vann med stor tetthet fra 35 - 40 meter og til bunn i tidsrommene juli - august, overgangen august - september, september - oktober, samt i november - desember. Ved to prøvetakinger, henholdsvis slutten av september og midten av oktober ble det funnet vann med stor tetthet opp til 15 - 20 meters dyp. Alt i alt må de sterkt varierende salinitetsforhold tas som et tegn på at vannmassene i Singlefjorden er relativt urolige. Det må antas at de fleste endringer skyldes horisontale utskiftningsstrømmer som styres av forholdene i selve Skagerak.

4. PRIMÆRFORTYNNING VED DYPVANNESUTSLIPP VED KJEØYA

4.1. Generelt

Avløpsvannets fortytning og bevegelse etter utslipp i en resipient kan deles inn i to fortyttingsfaser.

Den første fortyttingsfase, kalt primærfortytning eller initialfortytning, omfatter avløpsvannets fortytning og bevegelse fra utslippshullet til en innlagring i resipienten. Primærfortytningen er hovedsakelig bestemt av avløpsstrålens kinetiske energi og gravitasjonskrefter, og er avgjørende for avløpsvannets forurensning av vannmassene i utslippets umiddelbare nærhet.

Etter innlagring er den videre fortytning og transport av avløpsvannet bestemt av strømbevegelse og turbulensdiffusjon. Denne fortyttingsfase kalles sekundærfortytning, og skal ikke behandles i dette kapittel.

Under primærfortytningen vil den vesentlige del av avløpsstrålens kinetiske energi ved utslipp overføres til omgivelsen i form av friksjon og turbulens. Dette gir en intens oppblanding av avløpsvannet med omliggende vannmasser. Etter som utstrømningshastigheten reduseres vil gravitasjonskrefter mer og mer dominere avløpsvannets bevegelse inntil en innlagring finner sted.

For beregning av avløpsvannets fortytning og bevegelse forutsettes at avløpsvannet er homogent og lar seg fortytne i resipientens vannmasser. Denne forutsetning vil sjelden eller aldri være helt tilfredsstillende, men flytestoffer, sedimenterbare stoffer og eventuelle uløselige væsker vil vanligvis ha en ubetydelig innvirkning på avløpsvannets fortytning og bevegelse. For de foreliggende fortyttingsberegninger har disse komponenters innflytelse ikke vært vurdert.

Slippes lettere avløpsvann ut på et visst dyp i sjøen, vil det på grunn av sin mindre spesifikke vekt enn det omkringliggende sjøvann, stige opp mot overflaten. Under denne oppadstigende bevegelse vil avløpsvannet fortytne i sjøvann, og den blandede vannmengde vil tilta i spesifikke vekt. Fortytningen er størst i avløpsstrålens randsone og minst langs avløpsstrålens senterlinje. Avløpsvannet langs senterlinjen representerer derfor de ugunstigste forhold med de største konsentrasjoner av forureningskomponenter, fig. 9.

4.1.2. Fortynningsberegninger

Fortynningen langs senterlinjen betegnes S_m

$$S_m = \frac{C_o}{C_m} = \frac{\gamma_r - \gamma_o}{\gamma_r - \gamma_m}$$

hvor

- C_o = avløpsvannets konsentrasjon ved utslipp
- C_m = avløpsvannets konsentrasjon i sentrum av avløpsstrålen
- γ_o = sp. vekt til avløpsvannet ved utslipp
- γ_r = sp. vekt til resipientens vannmasser
- γ_m = sp. vekt til det oppblandede avløpsvann i sentrum av avløpsstrålen

Hastighetsreduksjonen langs senterlinjen betegnes $S_{v,m}$

$$S_{v,m} = \frac{V_o}{V_m}$$

hvor

- V_o = avløpsvannets utstrømningshastighet
- V_m = avløpsvannets hastighet i sentrum av avløpsstrålen

Betrakter vi avløpsvannets fortynning S_m i et punkt P på avløpsstrålens senterlinje, er denne gitt ved følgende variable

- y = vertikale avstand mellom punkt P og utslipp
- D = effektive diameter på avløpsstrålen ved utslipp
- V_o = avløpsvannets utstrømningshastighet = $\frac{4 Q}{\pi \cdot D^2}$

hvor Q er vannføringen i utslippet

$$g = \text{gravitasjonskonstant korrigeret for oppdrift} = g \frac{\gamma_r - \gamma_o}{\gamma_o}$$

- γ_r = den sp. vekt av vannet i resipienten
- γ_o = avløpsvannets sp. vekt

Disse variable kan sammenfattes i fire dimensjonsløse tall

$$S_m$$

$$\frac{y}{D}$$

$$F = \frac{V_o}{\sqrt{g \cdot D}} \quad \text{Froudes tall}$$

$$R = \frac{V_o \cdot D}{\nu} \quad \text{Reynolds tall}$$

og fortynningen S_m kan således skrives som en funksjon av tre variable

$$S_m = f(y/D, F, R)$$

Froudes tall F angir gravitasjonens relative innvirkning på avløpsstrålen.

Reynolds tall R er en karakteristisk faktor for avløpsstrålens grad av turbulens og den relative betydning av avløpsvannets viskositet. For $R > 2000$ har vi vanligvis med turbulent strømming å gjøre, mens turbulensen først er fullt utviklet ved $R > 10000 - 20000$. For større verdier av R forandrer avløpsvannets kinetiske karakter seg ubetydelig. Den kinematiske viskositet ν i avløpsvannet og i resipientens vann kan i praksis settes lik hverandre. Ved utslipp har vi normalt fullt utviklet turbulens i avløpsstrålen og Reynolds tall er uten betydning for fortynningen. Fortynningen S_m kan derfor skrives som en funksjon av bare to variable.

$$S_m = f(y/D, F)$$

4.1.3. Innlagringsprinsipp og innlagringsdyp

Tetthetsforholdene i Singlefjorden kan være sterkt varierende og er avhengig av en rekke faktorer som ferskvannstilrenningen til Iddefjorden, Glåmas vannføring, vindpåvirkning, tidevariasjoner samt oseanografiske forhold i Skagerak.

På en stasjon i Singlefjorden ut for Kjøya har vi gjennom to perioder 30. september - 1. desember 1966 og 13. juli - 16. desember 1967, målt salinitet og temperatur på en rekke dyp. Tetthetsforholdene uttrykt som σ_t er for disse to perioder fremstilt i fig. 7 og fig. 8.

Som det vil fremgå av figurene varierer tetthetsforholdene fra tid til annen, men vi finner alltid en markert tetthetssjiktning.

Vi finner øverst et brakkvannssjikt som går over i et tilnærmet tetthetshomogent sjøvann. Overgangssonen, med en markert gradient i den spesifikke vekt betegnes sprangsjikt og representerer vanligvis et tynt lag av vannmassene.

Ved utslipp av avløpsvann på et visst dyp under sprangsjiktet til et tyngre sjøvann, føres avløpsvannet av oppdrift under sterk turbulens opp mot sprangsjiktet. Med en effektiv innblanding av sjøvann vil avløpsvannet få en større spesifikk vekt når det når opp til sprangsjiktet enn det ovenforliggende brakkvann. Dette tilsier en innlagring av det fortynnede avløpsvann i eller under sprangsjiktet, og det teoretiske innlagringsdyp er det dyp hvor avløpsvannets spesifikke vekt har den samme verdi som den spesifikke vekt i resipienten.

Ved hjelp av Cederwalls beregningsformler gjengitt nedenfor kan fortynningen S_m og den spesifikke vekt γ_m beregnes for en rekke dyp i det tetthetshomogene sjøvannssjikt.

Cederwall har kommet fram til følgende likninger for primærfortynningen:

$$\frac{y}{D} < 0,5 F$$

$$S_m = 0,54 \cdot F \left(\frac{y}{D} \cdot F \right)^{7/16}$$

$$\frac{y}{D} \geq 0,5 F$$

$$S_m = 0,54 \cdot F \left(0,38 \cdot \frac{y}{D \cdot F} + 0,66 \right)^{5/3}$$

For hastighetsreduksjonen langs senterlinjen har Cederwall funnet følgende likning:

$$S_{v,m} = \frac{V_o}{V_m} = 0,40 \cdot F \left(\frac{y}{D \cdot F} \right)^{2/11}$$

Når avløpsvannet når opp til sprangsjiktet, kan avløpsvannet være i besiddelse av en betydelig kinetisk energi. Dette kan medføre at avløpsvannet trenger gjennom sprangsjiktet og når overflaten. For vurdering av gjennomtrengningsfaren kan vi stille opp følgende energibetraktning:

Avløpsvannets kinetiske energi E_v pr. masseenhet ved inntrengning i sprangsjiktet er

$$E_v = \frac{1}{2} V_m^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_o^2}{S_{v,m}^2}$$

hvor V_m tilnærmet kan settes lik den vertikale hastighetskomponenten i strålens sentrum.

Opptrengningsarbeidet E_p pr. masseenhet ved varierende sp. vekt $\gamma_{b,y}$ i brakkvannssjiktet kan under forutsetning av at primærfortynningen opphører ved inntrengning i sprangsjiktet beregnes på følgende måte:

$$E_p = \int_{y=y_I}^{y_n} \frac{\gamma_{b,y} - \gamma_{m,I}}{\gamma_{m,I}} \cdot \Delta y \cdot g$$

hvor Δy angir den sprangvise opptrengningshøyde til den totale opptrengningshøyden $H = y_n - y_I$.

Kan $\gamma_{b,y}$ tilnærmet settes konstant γ_b , får vi:

$$E_p = \frac{\gamma_b - \gamma_{m,I}}{\gamma_{m,I}} \cdot g \cdot H$$

I det avløpsvannet når sitt høyeste nivå, kan likningen $E_p = E_v$ formuleres.

Er brakkvannssjiktets tykkelse Y_b , får vi gjennomtrengning når

$$H \geq Y_b$$

Våre observasjoner fra Singlefjorden gjengitt i fig. 7 og 8 viser at den vanligvis er en gradvis tetthetssjiktet resipient. Den spesifikke vekt tiltar mer eller mindre regelmessig mot dypet. Beregningene av fortynningene S_m og hastighetsreduksjon $S_{v,m}$ vil medføre et omfattende regnearbeid. For dette arbeid har vi derfor benyttet oss av elektronisk databehandling.

4.2. Beregning av primærfortynning

4.2.1. Forutsetninger

4.2.1.1. Avløpsvannets mengde og sammensetning

Haldenregionen som i alt vesentlig benytter Iddefjorden som resipient, hadde i 1965 en befolkning på ca. 26 500 personer hvorav de fleste var tilknyttet offentlig kloaknett. Ifølge prognoser vil befolkningstallet i år 2000 utgjøre ca. 32 000. Fullt utbygd regner man med at Haldenregionen vil ha plass for mellom 40 000 og 50 000 innbyggere.

I denne regionen er treforedlingen den mest dominerende industrigren med hele 45% av antall sysselsatte. Av annen industri kan nevnes skotøyindustri (13%), tekstil (11%), jern og metall (9%).

Av Østlandskonsult A/S som er sanitærteknisk konsulent for Halden kommune har vi fått oppgitt følgende avløpsmengder for fremtiden:

Maks avløp: $Q_{maks} = 3,6 \text{ m}^3/\text{sek}$ inkludert avløp fra Saugbrugsforeningen
 $Q_{maks} = 1,2 \text{ m}^3/\text{sek}$ eksklusiv avløp fra Saugbrugsforeningen

Min avløp: $Q_{min} = 0,35 \text{ m}^3/\text{sek}$

Kloakkledningsnett i Haldenregionen er vesentlig bygd som kombinert system. Ledningsnett må derfor forsynes med regnvannsoverløp før avløpsvannet tilføres et eventuelt utslipningsarrangement i Singlefjorden.

For våre beregninger av primærfortynningen har vi tatt utgangspunkt i det fremtidige maksimale avløp. Det er imidlertid tetthetsforholdene i Singlefjorden og hvilke fortynninger man bør velge, som er avgjørende for dimensjoneringen og hvilke vannmengder som skal passere hver dyse.

Den vesentligste del av avløpsvannet ($2,4 \text{ m}^3/\text{sek}$) kommer fra Saugbrugsforeningen som fremstiller sulfitt-cellulose og silke-cellulose. Foruten celluloseproduksjon fremstiller bedriften også papir. Bedriften har tresliperi.

Avløpsvannet som skal fortynnes i resipienten, har derfor et høyt innhold av organisk stoff og trefiber. Ca. 1/3 av den totale fremtidige avløpsmengde, $1,2 \text{ m}^3/\text{sek}$, kommer fra husholdning og blandet industri. For våre fortynningsberegninger har vi satt avløpsvannets spesifikke vekt γ_0 \$ 1,000.

4.2.1.2. Hydrografiske forhold i Singlefjorden

Det vises til kap. 3 Hydrografiske forhold i Iddefjorden og Singlefjorden.

Tetthetsforholdene i Singlefjorden er fremstilt som σ_t i fig. 7 og 8. Figurene viser σ_t -variasjoner for to perioder, høsten 1966 og 1967.

For våre fortynningsberegninger har vi tatt utgangspunkt i den mest ugunstige hydrografiske situasjon som er observert. Denne situasjonen inntraff 19. november 1966 da det ble observert et tetthetsmønstret sjikt med $\sigma_t = 24$ fra 2,5 meters dyp og ned. De fortynninger og innlagringsdyp som er beregnet for denne situasjon vil være ugunstigere enn hva man ellers har oppnådd i de observerte periodene.

4.2.1.3. Utslippsarrangement

Området i Singlefjorden hvor et eventuelt dypvannsutslipp kan bli aktuelt, har et dyp på ca. 70 - 75 meter. For våre beregninger har vi gått ut fra at utslippet vil finne sted på 70 meters dyp.

Som utslippsarrangement er tenkt benyttet en diffusor. Diffusorens hydrauliske forhold er ikke beregnet og tatt med i rapporten. Det er bare diffusorens dysediameter som har vært vurdert da denne er av avgjørende betydning for hvilke fortynninger man kan oppnå.

For de foretatte beregninger har vi forutsatt en dysediameter på \emptyset 0,28 m og en utstrømningshastighet på ca. 5 m/sek. Dyseåpningen vil være anordnet horisontalt på diffusoren.

4.2.2. Fortynning og innlagringsdyp

For samtlige observerte hydrografiske situasjoner er beregninger foretatt med elektronisk datamaskin, og for hver meter er fortykning og tetthet i stråleakse samt midlere tetthet i strålen utregnet. Likeledes er midlere innlagringsdyp for strålen, innlagringsdyp for stråleakse samt maksimal og midlere opptrengning beregnet. Resultatene foreligger som EDB-utskrift i NIVA's arkiv. I fig. 10 og 11 er midlere innlagringsdyp og fortykning samt innlagringsdyp og fortykning for stråleakse inntegnet.

Som det fremgår av figurene vil innlagringsdypet i middel ligge på ca. 35 m og middelfortynning for stråleakse på ca. 70 for begge observasjonsperioder. Middelfortynning for strålen vil utgjøre ca. 140.

5. DISKUSJON

Det fremgår av vurderingene at forholdene ligger meget godt til rette for et dypvannsutslipp utenfor Kjeøya. Det ansees teknisk og økonomisk fullt mulig å anordne et utslipp på 60 - 70 meters dyp gjennom et visst antall åpninger i selve diffusoren. Etter utslipp vil avløpsvannet stige opp mot overflaten, mens det stadig fortynnes med det omliggende sjøvann. Ved de aller fleste hydrografiske situasjoner vil avløpsvannet stabilisere seg på et visst dyp under overflaten. Selve dypet er bestemt av tetthetsfordelingen i øyeblikket, og vil stort sett ligge i området 10 - 30 meter under overflaten. Bare ved meget spesielle og kortvarige situasjoner kan det tenkes at avløpsvannet kan nå helt opp til overflaten. Fortynningen av utslippsvannet vil avhenge av hvilket dyp det stabiliserer seg på, men i middel kan det regnes med en primærfortynning i stabiliseringsnivået på ca. 100 ganger eller mer.

Det er antatt at utslippsvolumet vil utgjøre $3,6 \text{ m}^3/\text{sek}$. Det vil si at vi får dannet et primærfortynnet resipientvann med en mengde av minst $360 \text{ m}^3/\text{sek}$. Dette primærfortynnede avløpsvann vil så bli gjenstand for forskjellige sekundærfortynninger som er bestemt av en rekke faktorer som påvirker strømforhold og utskiftningsmekanismer og diffusjonsprosesser i sjøvannet. På grunn av de spesielle dybdeforhold og oppstykkede fjordområder som karakteriserer Singlefjorden, er det meget vanskelig å danne seg en konkret oppfatning av vannutskifting og strømforhold, slik at sekundærprosessene ikke kan vurderes skjematisk i denne omgang.

Selv om det ikke foreligger prognoser for avløpsvannets karakter, må det ansees sannsynlig at selv med en fortynning på 1 : 100 vil det være mulig å påvise at sjøvannet er merkbart forurensset. Om dette forurensede vann, som altså dannes i en mengde av $360 \text{ m}^3/\text{sek}$, er så forurensset at det har konkrete skadevirkninger eller medfører ulemper, er en vanskelig sak å vurdere. Imidlertid må man først prøve å skaffe opplysninger om forurensningsmengdene før man kan diskutere skadepåvirkningene nærmere.

Det er grunn til å regne med at det primærfortynnede vann stadig, eller i hvert fall det meste av tiden, vil fordele seg i områder på både svensk og norsk side

av grensen, og at det vil berøre svenske såvel som norske bunn- og strandområder. Ved vurderingen av skader og ulemper er det derfor nødvendig også å ta hensyn til de vurderinger som kan gjøres gjeldende fra svensk side.

Det må ansees nødvendig å fortsette arbeidet med klarlegging av forurensningsproblemene og utslippsmulighetene. Videregående vurderinger må omfatte en undersøkelse av dagens forurensningsutslipp fra kommuner og industri. Det må ansees fullt tilfredsstillende å avgrense disse avløpsundersøkelsene til norske områder ved Iddefjorden, og at undersøkelsene utføres i norsk regi. Forurensningsutslippene må sees i årsakssammenheng med de tilstander som er målt i selve Iddefjorden. En sammenstilling av samtlige svenske og norske målinger hittil vil gi tilfredsstillende gode indikasjoner på utviklingen, men det er nødvendig med ytterligere undersøkelser for å kartlegge de dynamiske utskiftningsprosesser nærmere.

Videre må det foretas nærmere undersøkelser av den sekundærfortynning som vil gjøre seg gjeldende for det innlagrede primærfortynnede avløpsvann som et dypvannsutslipp ved Kjeøya kan gi.

Disse vurderingene, som faglig sett er kompliserte, bør dels omfatte målinger av den forurensningsfordeling som i dag finner sted fra Iddefjorden i Singlefjordsområdet, og dels direkte strømmålinger i forskjellige dyp, hovedsakelig i dyprennen langs Svenskekysten. Det foreslås at disse undersøkelsene skal utføres i felles svensk-norsk regi, og bl.a. omfatte en del faste målepunkter på svensk side som kan gi bakgrunnsverdier for vurdering av fremtidige forhold uansett hvilken teknisk løsning som velges.

6. KONKLUSJON

1. Dypvannsutslipp av avløpsvann fra Haldenområdet i Singlefjorden kan teknisk anordnes og vil gi en midlere primærfortynning på 1: 100 eller mer.
2. Det foreslås videregående svensk-norske undersøkelser av den sekundærfortynning som man kan regne med ved et slikt dypvannsutslipp.
3. Det foreslås norske undersøkelser av forurensningsmengden som gjennom Tista og andre norske utslipp føres ut i Iddefjorden, og at det foretas vurdering av forholdet mellom utslippsmengde og forurensningssituasjonen i Iddefjorden.

Tabell 1. ANALYSEKOMPONENTER, FORKORTELSER, ENHETER, PRINSIPP FOR ANALYSEMETODE SAMT LITTERATURHENVISNING

Analysekomponent	Forkortelser	Enhet	Prinsipp	Litteraturhenvisning
Temperatur	Temp.	°C	In situ-måling. Vendetermometer	
Oksygen/sulfid	oks./sulf.	mg O ₂ /l mg S/l	Fiksering. Jodometrisk titrering	T. Gaarder: Surstoffet i fjordene. De vestlandske fjordes hydrografi. Bergens Museums Arbok 1915 - 16, Naturvitensk. Række nr. 2.
Farge	Farge	mg Pt/l	Fotoelektrisk	Standard NIVA-forskrift
Turbiditet	Turb.	mg SiO ₂ /l	Refleksometrisk-fotoelektrisk	Standard NIVA-forskrift
Lignosulfonsyre	LS	mg/l	Kolorimetrisk	Tracer Studies and Pollution Analyses of Estuaries, 1961. State Water Pollution Control Board, Sacramento, California Publication N° 23
Salinitet	Sal.	o/oo	Med salinometer/salinoterm eller titrering	Instrumentforskrift eller M. Knudsen: Hydrographical Tables. K.havn 1901. H. Barrens: Apparatus and Methods of oceanography. Chemical, London 1959.
Ortofosfat	O-fosfat	mg PO ₄ /l	Kolorimetrisk	A. Henriksen, The Analyst, 1965, <u>90</u> , s.29
Syrehydrolyserbar fosfat	S-fosfat	mg PO ₄ /l	Kolorimetrisk	A. Henriksen, The Analyst, 1965, <u>90</u> , s.29
Nitrat	Nitrat	µg N/l	Kolorimetrisk	A. Henriksen, The Analyst, 1965, <u>90</u> , s.83
Bundet og fri ammonium	BFA	mg N/l	Oppslutning, destillasjon og Nesslerisering. (Kolorimetrisk)	Standard Methods 1955, s.156

Tabell 2. RESULTATER AV HYDROGRAFISKE UNDERSØKELSER I IDDEFJORDEN DEN 25. APRIL 1963

Kl.	Stasjon/dyp, m	Temperatur	Oksygen		Turbiditet	Salinitet	LS	O-fosfat	S-fosfat	Nitrat	BFA
			% metn.								
21.00	Zål / 1	4,43	10,40	91,1	5,54	15,64	7,4	0,018	0,092	15,2	0,23
	4	1,55	10,90	92,7	1,14	22,99	4,0	0,011	0,060	7,5	0,18
	8	0,97	10,60	91,5	1,06	26,71	2,4	0,026	0,049	0,4	0,19
	12	4,90	8,00	80,0	0,42	33,32	1,6	0,068	0,085	61,0	0,15
	20	6,17	7,67	79,9	0,34	34,598	1,2	0,080	x)	2,0	0,10
	40	6,49	7,67	80,7	0,34	34,891	1,2	0,074	"	73,0	0,15
	60	6,43	7,70	80,9	0,50	34,936	0,8	0,085	"	78,0	0,06
20.00	Zøbl/ 1	6,35	7,51	78,8	0,98	34,974	0,9	0,091	"	14,1	0,11
	4	2,24	10,20	83,5		14,130	8,9				
	8	2,21	9,80	85,0		23,050	5,6				
	12	1,66	10,10	89,5		27,900	2,6				
	16	4,09	8,00	79,0		33,470	2,4				
	20	5,70	7,67	78,7		34,280	1,9				
	40	6,03	7,52	78,0		34,446	1,7				
19.20	Zøcl/ 1	6,49	7,72	81,3		34,945	1,7				
	4	6,40	7,78	81,7		34,945	1,6				
	8	6,38	7,51	79,0	6,10	34,957	1,5	0,008	x)	31,4	0,20
	12	4,87	9,90	87,0	1,54	14,200	8,9	0,008	0,128	1,9	0,18
	4	2,24	9,10	79,2		23,215	6,3				

forts. neste side

Tabell 2 forts.

Kl.	Stasjon/dyp,m	Temperatur	Oksygen		Turbiditet	Salinitet	LS	O-fosfat	S-fosfat	Nitrat	BFA	
			%	metn.								
19.20	Zøcl/ 8	2,60	8,85	80,7	0,74	28,700	3,8	0,042	0,078	27,5	0,17	
	12	5,33	7,60	77,3	0,42	34,130	1,1	0,072	0,098	75,0	0,09	
	16	6,01	7,80	81,0	0,42	34,515	1,3	0,083	x)	82,0	0,10	
	20	6,19	7,49	78,0	0,58	34,538	1,3	0,076	"	84,0	0,09	
	25	6,47	7,12	74,8	0,90	34,742	0,9	0,093	0,112	3,2	0,11	
17.00	Zødl/ 1	4,51	7,39	60,5	9,78	4,660	33,5	0,014	x)	5,3	0,31	
	4	3,80	6,30	55,5	4,34	18,505	15,6	0,012	"	6,3	0,20	
	8	3,72	4,33	39,1	2,34	24,020	8,7	0,027	"	8,6	0,18	
	12	4,13	3,84	35,7	1,96	25,770	7,9	0,060	"	15,5	0,18	
	16	4,85	2,30	22,1	1,46	27,745	6,5	0,124	"	19,0	0,20	
	20	5,90	0,08	0,80	1,46	29,766	5,2	0,206	"	6,4	0,21	
	30	6,23	0,04	0,41	1,78	30,479	4,6	0,228	"	4,9	0,27	
	16.15	Yøel/ 1	4,88	7,74	63,1	9,78	2,025	10,5	0,012	0,089	9,0	0,28
		4	3,12	2,82	23,9	5,78	15,640	5,7	0,011	x)	4,8	0,25
		8	3,27	1,85	16,7	1,70	23,150	2,8	0,022	0,093	2,8	0,22
12		3,68	1,11	10,1	1,38	25,020	10,2	0,011	x)	14,9	0,21	
16		4,35	1,09	10,3	1,30	26,550	8,2	0,085	"	10,6	xx)	
14.00	Zøgl/ 1	5,69	0,18	1,79	2,34	29,328	5,0	0,179	"	10,1	0,20	
	4	6,27	0		1,96	30,454	4,6	0,249	"	3,4	0,27	
	8	6,42	-1,01		3,70	31,027	4,3	0,270	0,650	14,7	0,31	
	12	3,84	6,86	54,4		2,160	27,9					
	14	2,30	-0,35			20,100	22,2					
8		2,69	0,45	3,97		23,660	12,9					
	12	3,18	0,19	1,72		25,345	10,9					

forts. neste side

Tabell 2 forts.

Kl.	Stasjon/dyp, m	Temperatur	Oksygen		Turbiditet	Salinitet	IS	O-fosfat	S-fosfat	Nitrat	BFA
				% metn.							
14.00	Zøgl/ 16	6,86	1,79	18,2	28,420	4,2					
	20	6,59	0,47	4,80							
	30	6,49	1,17	12,0							
12.40	Føhl/ 1	2,68	7,13	54,9	11,08	2,060	15,2	0,018	x)	3,6	0,31
		4	2,56	-1,25	3,94	20,255	22,8	0,008	"	3,6	0,32
	8	2,41	-0,08	1,46	23,215	15,5	0,008	"	3,5	0,29	
	12	5,06	-0,39	1,38	25,725	5,7	0,047	"	4,5	0,28	
	16	6,39	1,42	14,3	0,50	29,200	2,4	0,177	"	78,0	0,13
	20	6,60	1,46	15,0	0,50	31,066	2,5	0,168	"	75,0	0,13
14.45	Yøgl/ 1	6,58	1,42	14,6	0,50	31,530	2,8	0,126	"	74,0	0,16
		3,70	9,81	79,8	0,680	8,0					
	4	2,48	0,23	1,99	20,725	9,5					
	8	2,87	0,12	1,07	23,490	10,1					
	12	3,10	0		25,730	5,0					
	16	4,92	-5,06		28,340	3,8					
15.30	Yøfl/ 1	3,80	7,86	62,1	1,150	33,9					
		4	2,40	0,35	3,01	20,860	18,8				
	8	3,03	0,86	7,65	23,450	12,5					
	12	3,23	0,31	2,84	25,100	9,7					
16	5,51	-0,51		28,770	4,9						

x) Disse prøver, ikke nok vann.

xx) Mindre enn blindprøven.

Tabell 3. RESULTATENE AV HYDROGRAFISKE UNDERSØKELSER I IDDEFJORDEN OG SINGLEFJORDEN DEN 25. - 27. AUGUST 1964

Kl.	Stasjon/dyp, m	Temperatur	Oksygen		Salinitet	LS	O-fosfat	S-fosfat	Nitrat	Sulfid	Turbiditet	Farge	BFA
				% metn.									
11.25	Æghl/ 0	15,93	5,69	63,22	11,070	27,53	6,6	31,5	7		3,78	70,4	0,28
	1	15,61	5,29	58,78	12,090	22,91	2,0	29,0	19		3,04	65,4	0,29
	2	14,90	1,86	20,78	15,235	21,68	2,0	21,5	16		2,95	60,2	0,25
	4	11,69	0,23	2,48	21,010	16,44	2,0	19,0	11		2,38	45,6	0,22
	6	10,87	0,49	5,26	22,810	12,74	2,0	18,5	11		2,38	42,2	0,25
	8	9,92	0,48	5,07	23,865	11,20	2,5	16,0	14		2,46	37,6	0,22
	12	7,26	0,22	2,21	25,290	8,12	11,5	27,0	15		1,80	27,9	0,28
	16	8,30	0,57	5,93	27,025	5,72	23,0	44,0	14		1,80	20,3	0,23
	20	7,70	0,58	6,12	29,470	3,50	83,0	125,0	14		4,20	17,3	0,34
	30	6,76			30,905		172,0	142,0	14	1,20	4,38	19,4	
16.40	Zøel 0	17,79	4,61	54,88	16,280	41,34	2,0	18,5	8		4,86	56,4	0,25
	1	17,38	5,69	67,42	17,010	34,40	3,0	16,0	10		4,69	52,7	0,22
	2	16,46	6,74	79,57	19,080	18,40	2,0/2,0	15,0	8		3,70	28,7	0,20
	4	15,80	6,38	74,97	20,635	12,30	1,5	16,5	10		2,22	23,6	0,19
	6	15,15	6,29	74,09	22,805	10,70	1,0	10,0	10		1,97	20,3	0,23
	8	15,69	7,06	85,16	25,020	3,4	1,5	7,5	8		1,88	10,5	0,20
	12	15,91	8,83	107,68	26,040	1,0	2,0	8,5	12		0,56	4,6	0,18
	16	15,58	8,83	107,95	27,380	0,9	3,5	7,5	12		0,56/0,80	3,8	0,16
	20	13,90	7,95	96,01	30,569	0,8	7,5	10,5	37		0,56	1,7	0,15
	25	13,08	7,75	93,83	31,875	<0,1	8,5	13,5	50		1,20	0	0,14

forts. neste side

Tabell 3 forts.

Kl.	Stasjon/dyp, m	Temperatur	Oksygen		Salinitet	LS	O-fosfat	S-fosfat	Nitrat	Sulfid	Turbiditet	Farge	BFA		
				% metn.											
16.20	Zøddl	0	14,20	2,45	31,875	51,69	2,5	22,5	12		8,00	88,0	0,29		
		1	16,51	2,65	31,875	49,22	2,0	18,5	8		7,10	73,8	0,29		
		2	16,25	4,12	31,875	25,53	2,0	15,5	8		4,30	48,0	0,21		
		4	15,71	4,02	31,875	28,30	2,0	13,0	9		3,54	40,9	0,20		
		6	14,60	4,91	31,875	11,81	2,5	9,0	7		1,63	23,6	0,19		
		8	13,87	3,24	31,875	8,40	6,0	88,0	7		1,88/1,97	25,3	0,32		
		12	12,10	1,08	26,275	6,00	8,0	21,5	8		1,80	19,4	0,22		
		16	11,40	0,98	27,725	6,40	8,5	31,5	8		1,46	15,2	0,20		
		20	11,72	1,47	28,491	4,2	23,0	32,0	22		0,80	11,4	0,25		
		30	11,72	2,45	0,817	4,3	26,5	38,5	28		0,56	16,5	0,21		
		35	10,38	1,28	29,219	3,9	60	81,0	12		1,20	9,3	0,37		
		09.20	Yøfl	0	16,19	2,80	3,355	42,62							
				1	16,34	1,70	5,575	42,62							
				2	16,52	2,40	10,160	37,69							
				4	15,40	1,50	20,490	19,83							
				6	14,99	0,10	22,340	14,90							
8	14,50			1,00	24,070	11,82									
12	11,03				25,925	7,51					0,60				
15	10,04				27,120	5,41					0				
09.00	Yøel			0	16,19	0,59	6,500	42,62			17		21,50	86	0,32
				1	16,23	1,18	7,220	43,24			11		18,00	79,4	0,32
		2	16,09	1,96	14,090	31,53			10		6,00	67,9	0,27		

forts. neste side

Tabell 3 forts.

Kl.	Stasjon/dyp,m	Temperatur	Oksygen		Salinitet	LS	0-fosfat	S-fosfat	Nitrat	Sulfid	Turbiditet	Farge	BFA		
			% metn.												
09.00	Yøel	4	15,29	2,65	30,81	20,450	21,98		11		3,70	40,9	0,22		
		6	14,96	1,90	22,30	23,035	14,28		11		2,54	32,0	0,21		
		8	14,25	1,08	12,60	24,330	11,20		11		1,97	48,0	0,22		
		12	12,53	0,69	7,82	25,780	8,31		11		1,80	21,6	0,25		
		16	10,86	0,33	3,35	27,350	6,28		14		1,88	19,4	0,23		
		20	10,80	1,37	15,21	28,088	5,47		14		1,80	15,2	0,24		
		30	10,96	0,98	9,23	0,792	4,70		25		1,80	13,5	0,28		
		35	10,82	1,18	13,18	29,135	4,40		21		1,88	13,5	0,37		
		10.00	Yøgl	0	16,20	0,59	6,33	5,490	42,93						
				1	16,28	0,29	3,16	6,170	43,24						
				2	16,40	1,96	21,63	8,045	41,08						
				4	15,30	0,63	7,24	19,290	25,19						
6	14,62			1,17	13,56	22,420	16,75				1,52				
8	13,93					24,640	9,85				1,12				
12	9,63					25,825	7,38								
10.50	Zøgl			0	15,80	4,81	52,92	9,610	35,23						
				1	15,90	3,92	41,04	0,775	34,61						
				2	15,80	4,51	50,00	10,910	29,68						
				4	14,42	0,80	9,12	20,420	20,54						
				6	13,62			23,305	14,04				0		
		8	13,70	0,52	6,00	24,610	10,03								

forts. neste side

Tabell 3 forts.

Kl.	Stasjon/dyp,m	Temperatur	Oksygen		Salinitet	LS	O-fosfat	S-fosfat	Nitrat	Sulfid	Turbiditet	Farge	BFA
				% metn.									
10.50	Zøgl	12	8,88	0,58	6,05	25,485	8,00						
		16	8,98	0,80	8,46	26,975	5,78						
		20	8,58	0,99	10,50	28,851	4,60						
		30	6,80			30,891	3,20				0,20		
		35	6,72			0,989	3,20				3,40		
15.05	Zål	0	11,25	9,02	92,99	15,065	6,40	3,5	23,0		2,95	16,5	0,23
		1	16,97	9,42	100,86	0,680	4,3	1,5	13,0		2,62	14,4	0,18
		2	16,94	8,63	101,89	17,950	4,9	2,5	13,5		2,22	15,2	0,20
		4	15,98	8,83	104,00	20,220	4,0/3,7	2,0	9,5		1,88	11,4	0,18
		6	16,41	9,32	113,24	24,085	1,9	1,5	7,0		1,29	6,3	0,22
		8	16,29	8,83	93,43	0,963	1,0	6,5	7,5		1,12	4,6	0,17
		12	16,07	9,02	110,00	25,575	0,9	6,0	5,0		0,96	3,8	0,18
		16	0	8,63		27,010	0,6	6,5	3,5		0,96	2,9	0,18
		20	13,98	7,56	91,41	30,777	0,3	3,0	9,0		1,04	5,5	0,16
		30	12,90	7,56	90,21	32,120	0,2	8,5	31,5		1,29	3,8	0,19
		40	11,90	8,34	80,04	0,463	0,1	9,0	13,0		1,46	0,8	0,13
		60	7,93	8,53	92,02	33,737	0,1	20,0	30,0		1,46	0	0,20
16.00	Zøbl	0	17,25	8,73	83,78	34,128	0,1	26,5	34,0		1,80	0	0,11
		1	17,29	8,63	102,98	0,140	5,97						
		2	16,79	8,04	85,71	18,275	7,88						
		4	16,02	8,14	95,54	0,520	9,36						

forts. neste side

Tabell 3 forts.

Kl.	Stasjon/dyp, m	Temperatur	Oksygen		Salinitet	LS	O-fosfat	S-fosfat	Nitrat	Sulfid	Turbiditet	Farge	BFA
				% metn.									
16.00	Zøbl	6	15,73	7,56	89,68	22,460	5,66						
		8	16,03	8,53	102,52	25,420	1,30						
		12	0	8,44		25,960	1,20						
		16	15,56	7,95	97,55	27,990	0,70						
		20	14,90	7,46	92,10	31,152	0,20						
		30	12,37	7,85	92,68	32,289	0,40						
		40	11,23	8,63	81,57	0,722	<0,1						
		60	8,72	8,24	90,45	33,377	<0,1						
		65	8,02	8,44	73,84	0,582	<0,1						
		12,15	Øøil	0	14,50	4,91	53,60	12,855	19,00				
1	14,61			4,91	53,96	13,685	20,54			0			
2	14,46					19,745	17,36						
4	8,55			0,94	9,49	21,620	16,44						
6	12,75			4,22	44,56	14,200	19,21						

Tabell 4. RESULTATENE AV HYDROGRAFISKE UNDERSØKELSER I
IDDEFJORDEN DEN 10/8 1966

Stasjon, m dyp	Temp. °C	Oksygen		Salinitet	Sulfid	LS	
		mg O ₂ /l	% metn.				
J II	0	17,9		10,3	0,4	92	
	1	18,1		11,3			
	2	18,2		12,2			
	3	17,9	0,13	1,54		15,2	45,2
	4	16,7				19,7	
	5	16,0				21,1	
	6	15,4	1,09	12,9		22,4	29,0
	7	15,1				23,8	
	8	15,2	0,50	5,96		24,5	15,8
	9	14,8				24,8	
	10	14,9	1,49	17,7		25,3	11,5
	12	14,7	2,18	25,9		26,1	10,4
	15	11,5	1,68	18,9		27,6	7,9
	18	8,5				28,6	
	25	7,4				29,1	2,99
30	6,9			29,8			
J III	0	18,2	ikke påvist	9,2		120	
	1	18,3		10,1			
	2	18,5	ikke påvist		11,4	70	
	3	17,9			15,2		
	4	16,5	1,29	15,3	19,8	42,7	
	5	16,1			20,9		
	6	15,6			21,8		
	7	15,5	0,38	4,48	22,2	18,5	
	8	15,2			23,2		
	9	14,7			24,3		
	10	14,7	0,30	3,59	24,9	11,5	
	12	13,4			26,5		
	15	10,4	0,36	3,94	27,2	7,3	
	18	8,6			28,3		
	25	7,4			29,7	2,79	3,3
30	7,1			30,1			
35	6,9			30,7			

forts. neste side

Tabell 4 forts.

Stasjon, m dyp	Temp. °C	Oksygen		Salinitet	Sulfid	LS
		mg O ₂ /l	% metn.			
J IV	0	18,3	2,48	29,2	12,4	40
	1	18,3			12,4	
	2	18,3	2,38	28,0	12,4	50
	3	18,3			12,4	
	4	16,7	1,06	12,6	19,8	27,2/27,7
	5	15,1			21,3	
	6	15,0			22,7	
	7	14,8	ikke påvist		23,5	12,3
	8	14,3			24,2	
	9	13,5			24,8	
	10	12,8	ikke påvist		25,0	8,5
	12	12,2			25,7	
	15	9,0	0,32	3,38	26,8	5,4
	18	8,0			27,9	
	23	6,4			31,4	0,80 ¹⁾ 4,8 ¹⁾
28	6,4			31,4	1,60 ²⁾ 3,3 ²⁾	
J V	0	18	6,44	76,0	13,9	32,0
	1	18			13,9	
	2	17,8	5,35	62,9	14,1	25,2
	3	15,2			19,7	
	4	12,8	0,40	4,40	20,3	19,5
	5	12,7			21,4	
	6	11,2			21,7	
	7	10,9	0,66	7,09	22,9	10,4
	8	9,2			23,4	
	9	9,5			24,0	
	10	8,4	0,67	6,85	24,2	6,6
	12	7,2			25,1	
	15	7,3	ikke påvist		26,6	6,3
	18	7,7			28,3	
	23	6,6	ikke påvist	1)	31,1	3,6/3,6 ¹⁾
28	6,4	"	3)	31,4	3,8 ³⁾	
33	6,4			31,4		

forts. neste side

Tabell 4 forts.

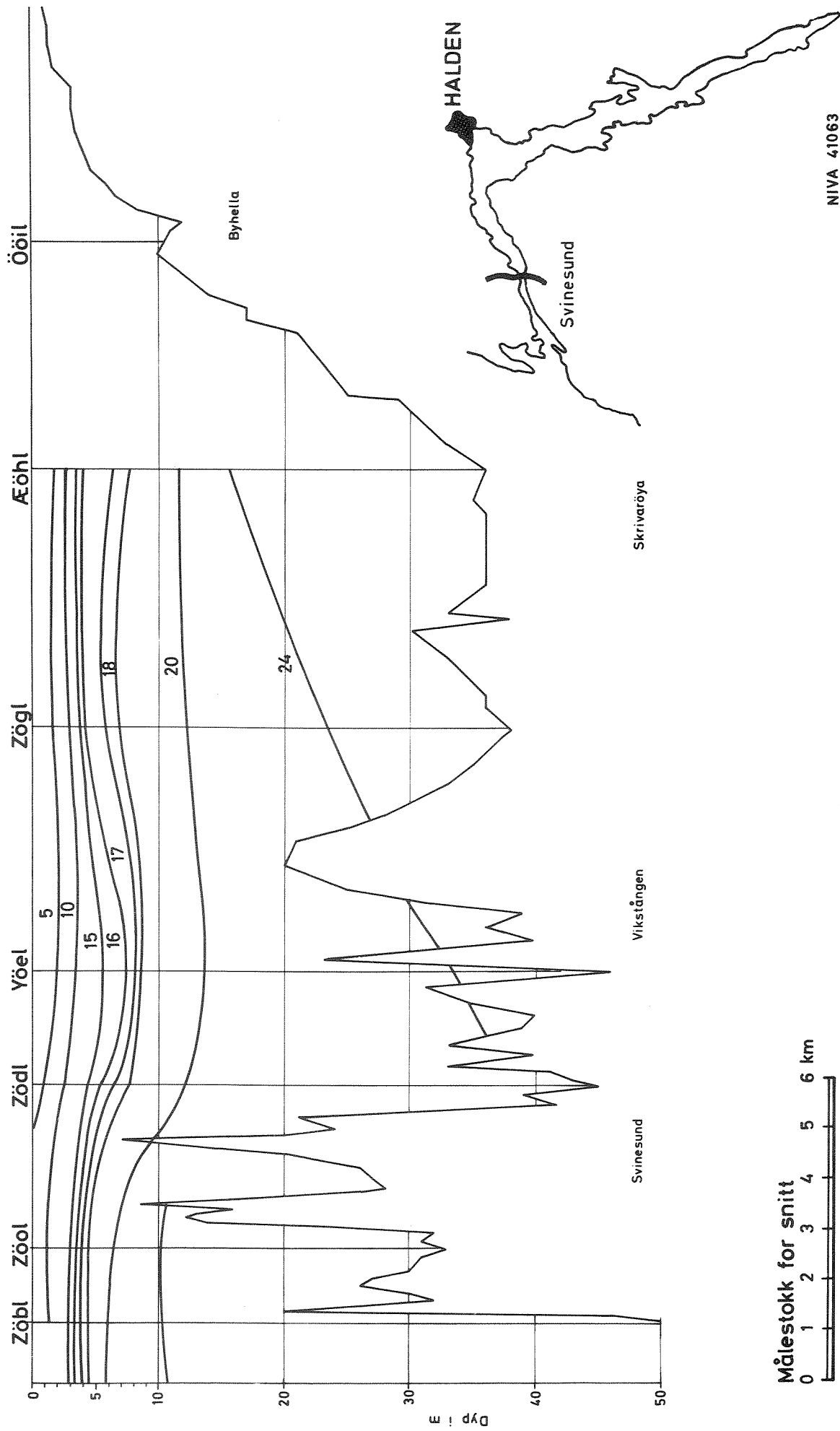
Stasjon, m dyp	Temp °C	Oksygen		Salinitet	Sulfid	LS
		mg O ₂ /l	% metn.			
J VI	0	17,3	7,23	85,0	15,9	22,6
	1	17,4			18,3	
	2	17,4	7,63	92,0	19,8	10,2
	3	17,4			20,4	
	4	17,4	8,43	102	20,9	8,5/8,5
	5	17,3			21,8	
	6	17,1			23,7	
	7	17,1			24,2	
	8	17,0	8,13	100	24,4	4,5
	9	17,0			24,6	
	10	17,0			24,6	
	12	16,9			25,6	
	15	16,4	7,73	96,3	28,1	1,7
	20	15,8	7,23 ²⁾	90,0	29,5	1,3 ²⁾
	30	13,6			31,1	
	40	12,5	7,53	88,8	31,9	0,6
J VII	0	17,5			14,0	
	1	17,5			14 - 16	
	2	17,4			19	
	3	17,4			20,2	
	4	17,3			21,8	
	5	17,3			22,3	
	6	17,3			22,8	
	7	17,1			24,5	
	8	17,1			25,1	
	9	17,1			25,3	
	10	17,0			26,1	
	12	16,8			26,8	
	15	16,4			27,8	
	20	15,5			29,8	
	30	13,4			31,2	
	40	12,4			32,0	

1) 20 m dyp

2) 25 m dyp

3) 30 m dyp

Fig.1 σ_t i Iddefjorden, 25/4-1965



Målestokk for snitt
 0 1 2 3 4 5 6 km

Fig.2 Oksygen og hydrogensulfid i Iddefjorden, 25/4-1963

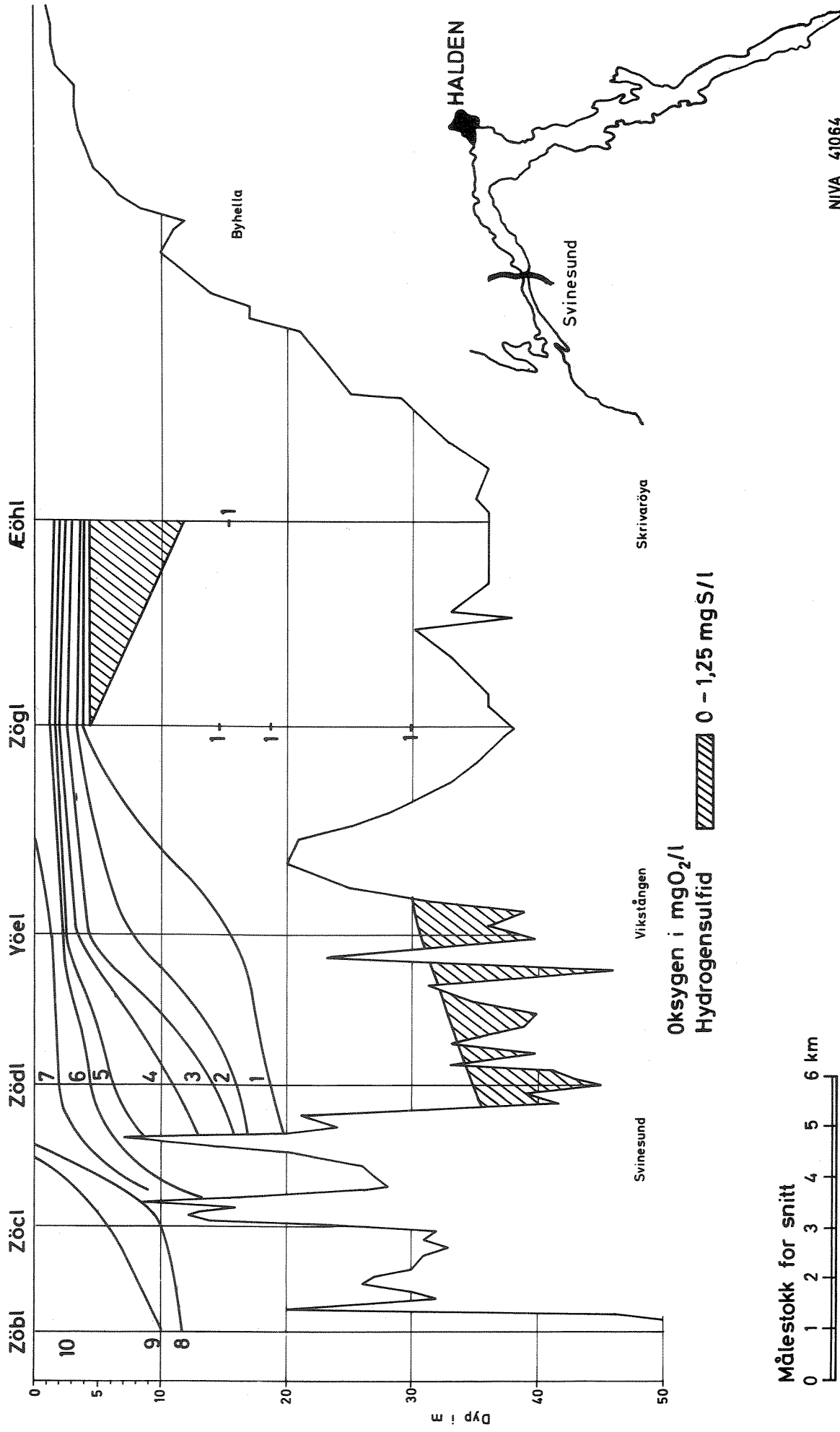


Fig.3 σ_t i Iddefjorden, 25 - 27/8 - 1964

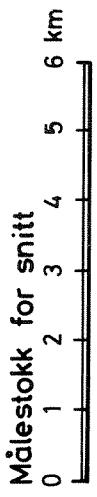
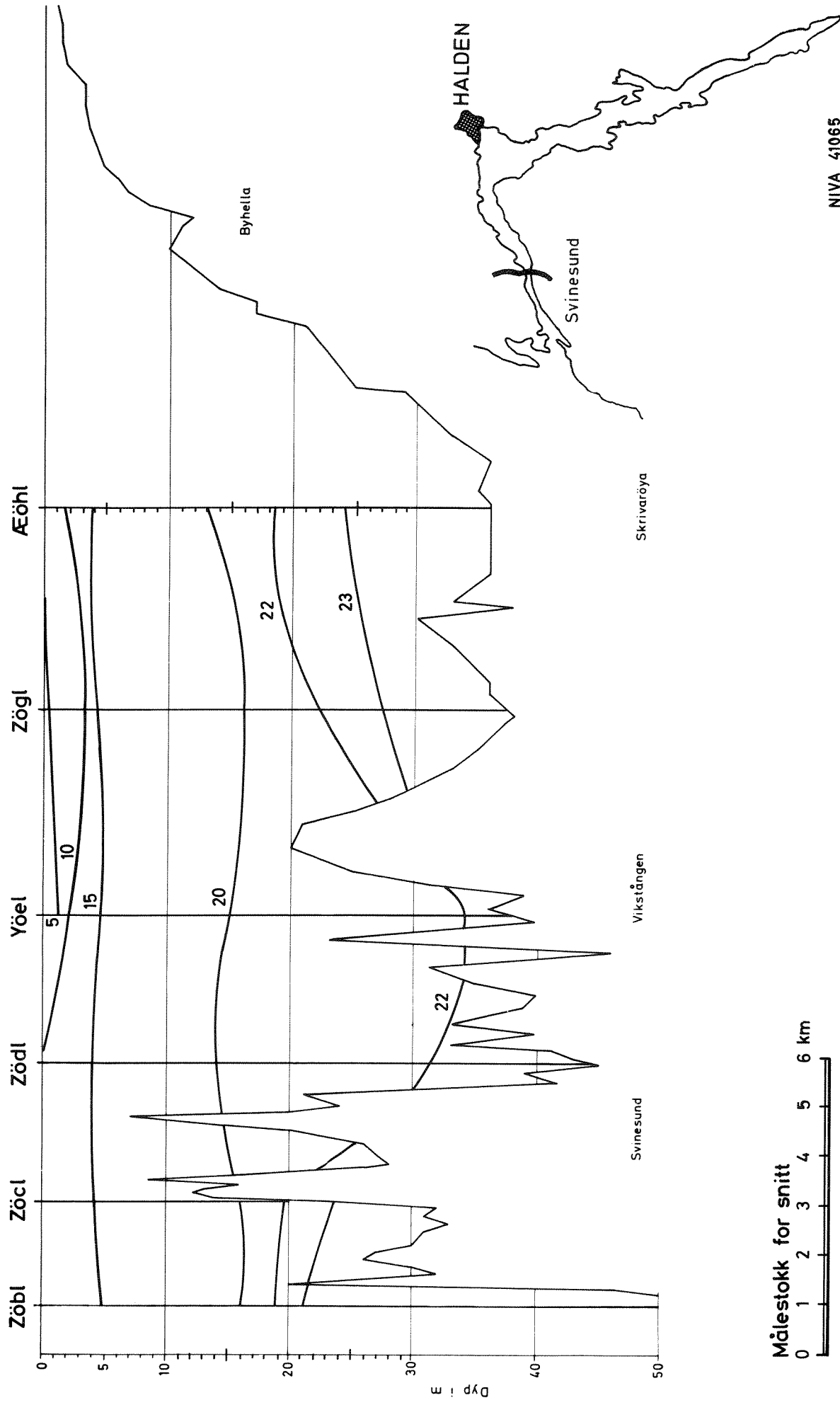
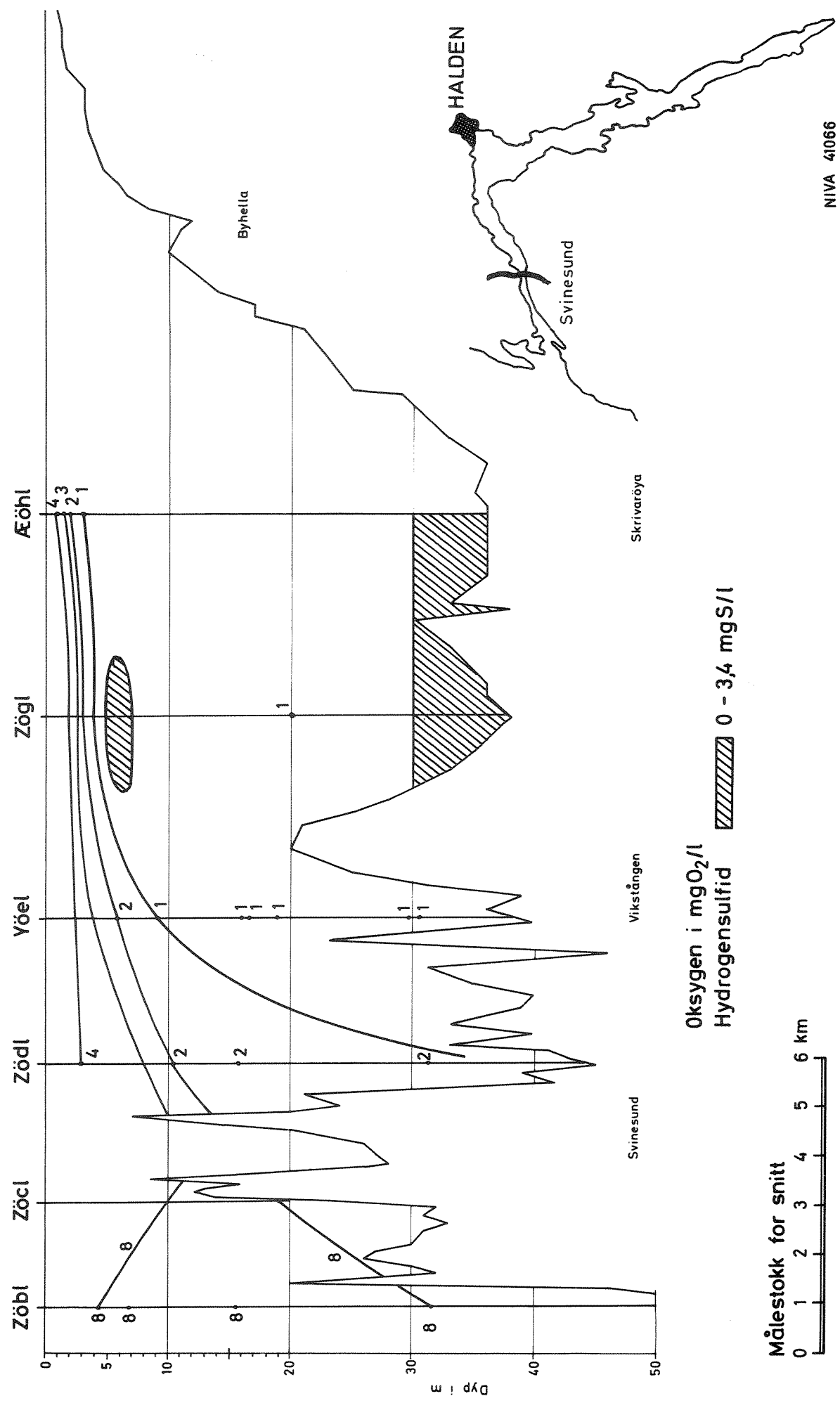


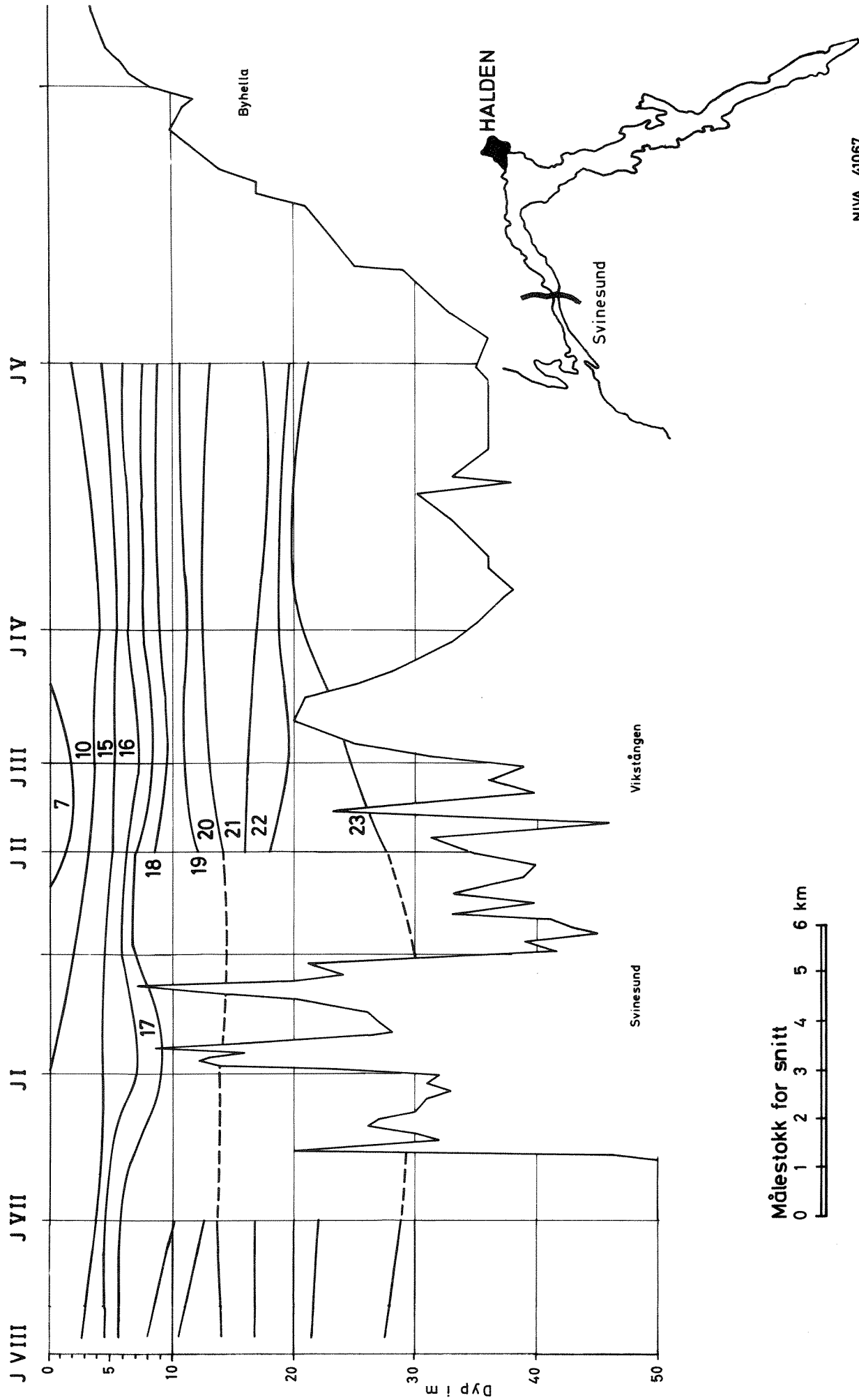
Fig.4 Oksygen og hydrogensulfid i Iddefjorden, 25 - 27/8 - 1964



Oksygen i mgO₂/l
 Hydrogensulfid 0 - 3,4 mgS/l

Målestokk for snitt
 0 1 2 3 4 5 6 km

Fig. 5 σ_t i Iddefjorden, 10/8 - 1966



Målestokk for snitt
 0 1 2 3 4 5 6 km

Fig.6 Oksygen og hydrogensulfid i Iddefjorden, 10/8 - 1966

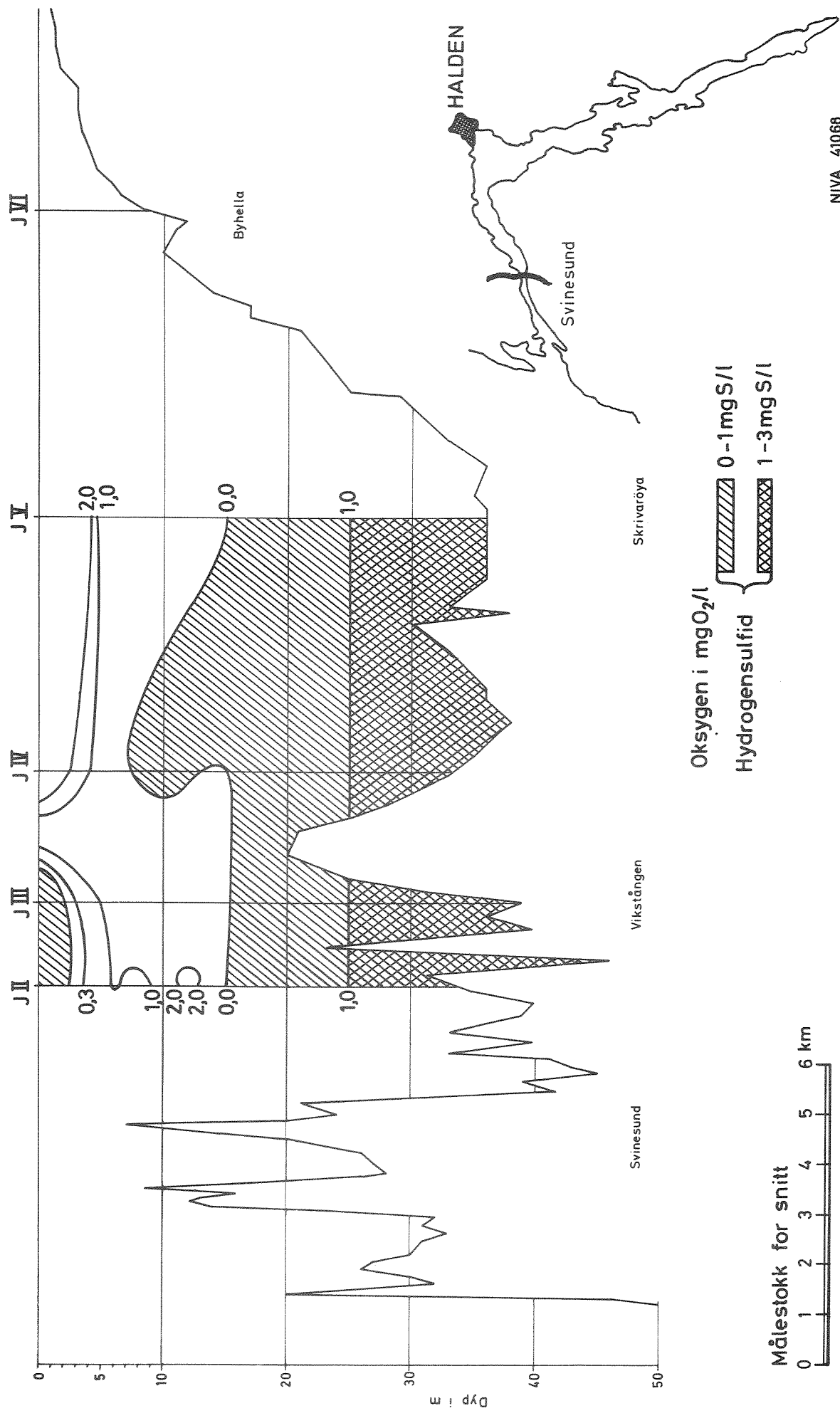


Fig.7 σ_t ved Kjeöya i Singlefjorden
12.9.66 - 1.12.66

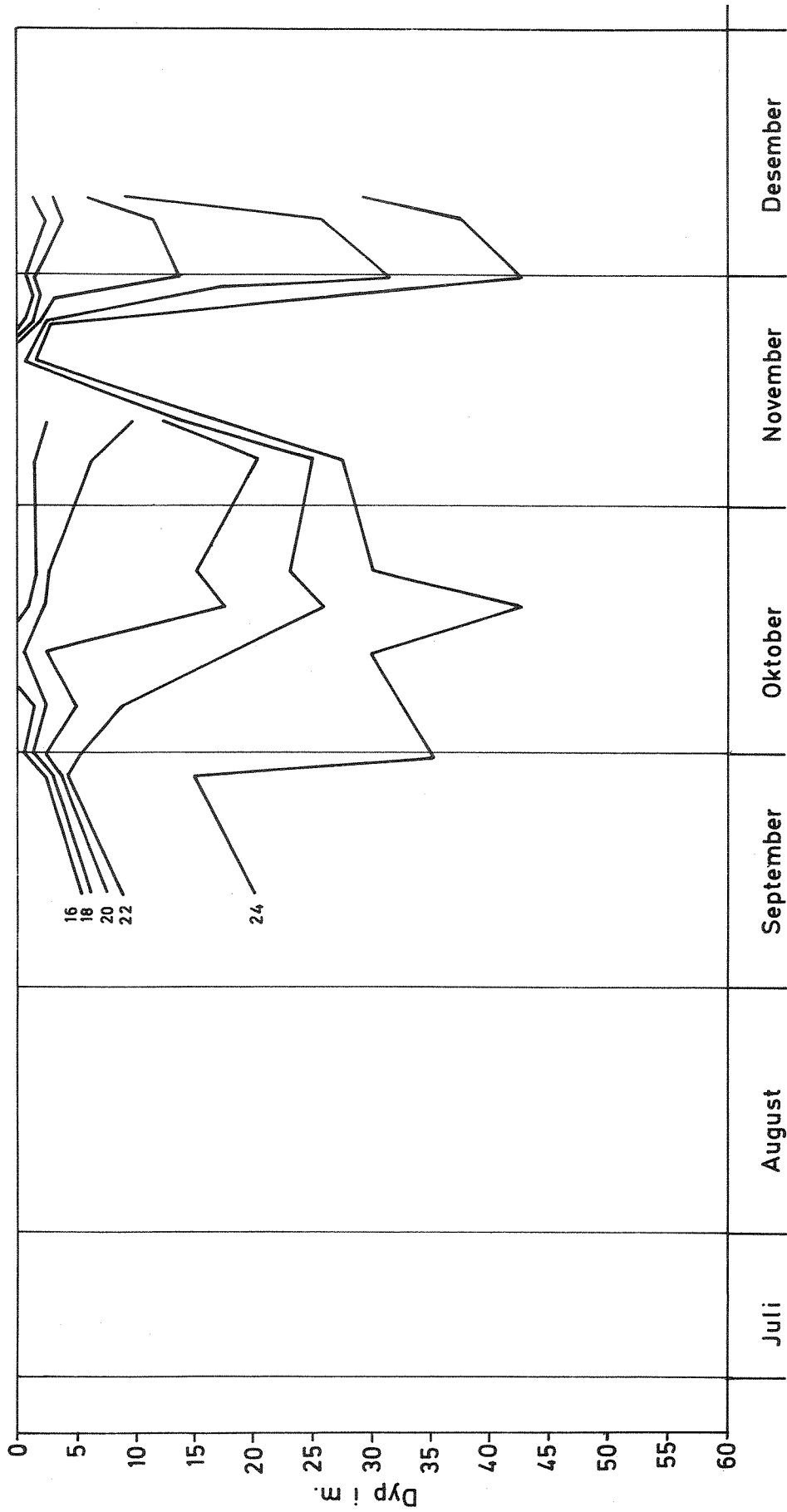
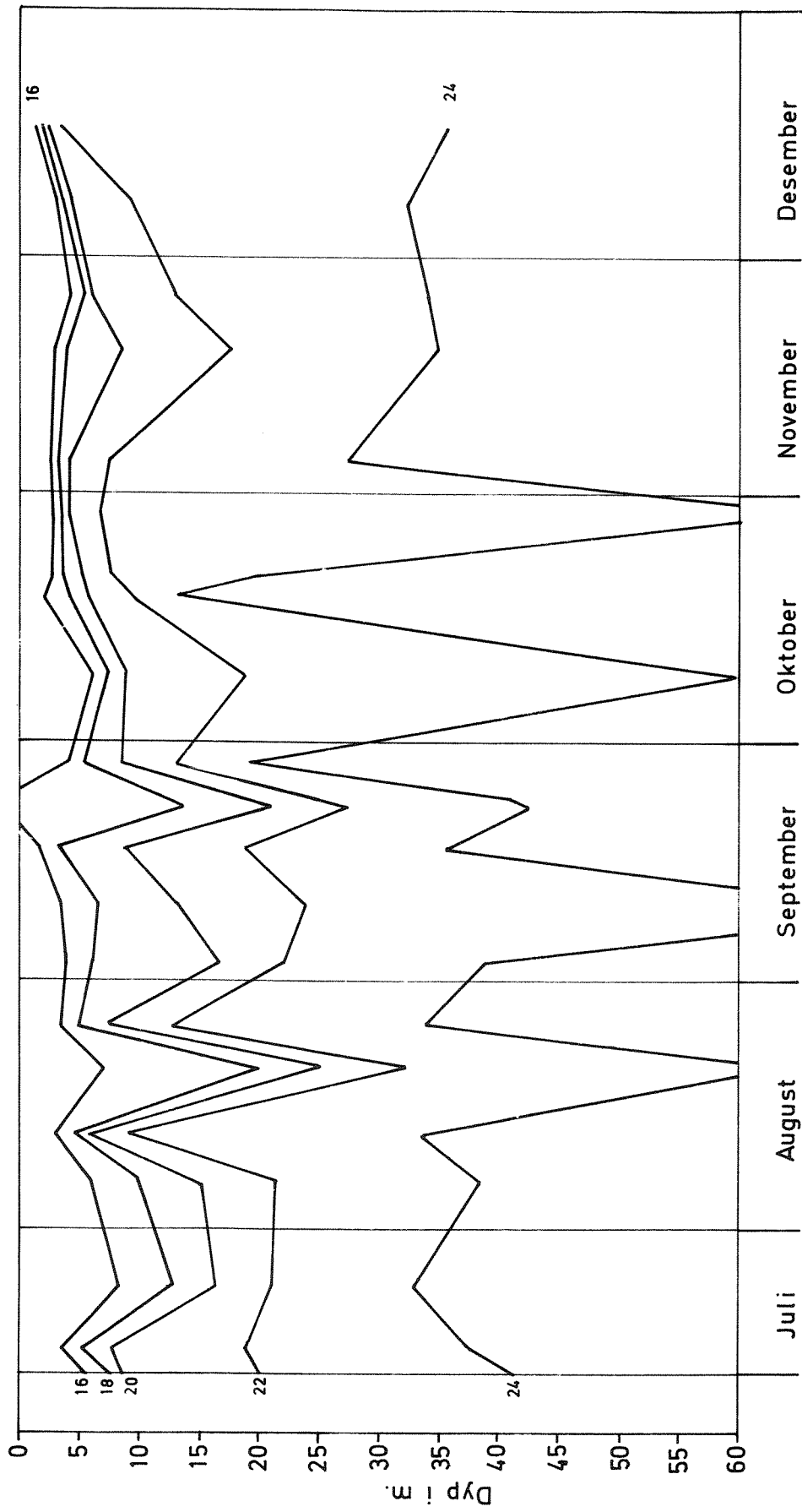
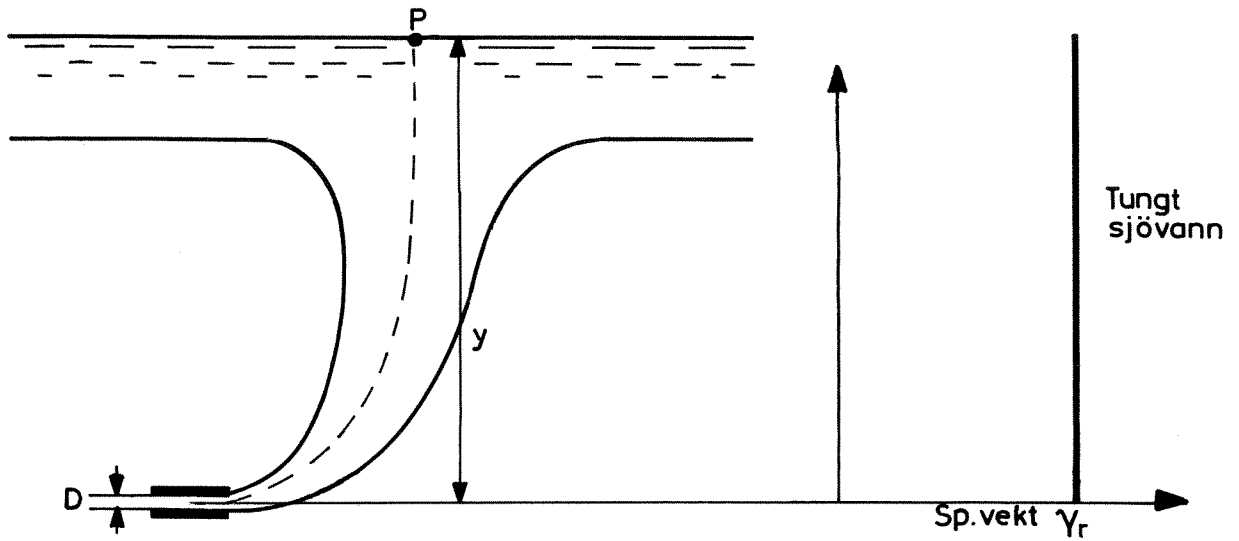


Fig.8 σ_t ved Kjeöya i Singlefjorden
13.7.67 — 16.12.67



- a. Utslipp av lettere avløpsvann i tetthetshomogen vannmasse



- b. Utslipp av lettere avløpsvann i en vannmasse delt i to tetthetshomogene sjikt

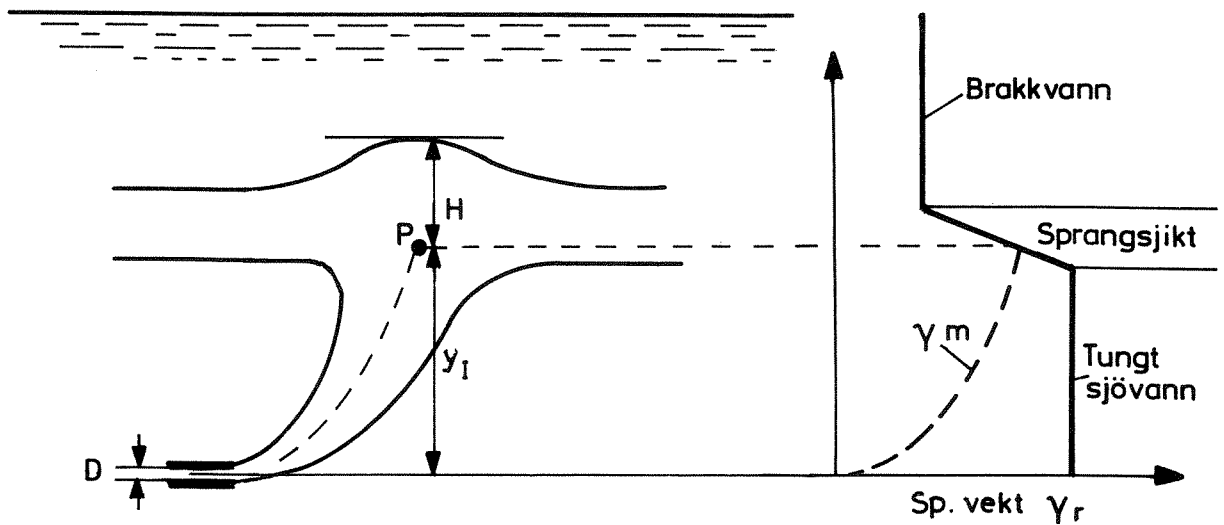


Fig. 9

Dypvannsutslipp i Singlefjord

Innlagningsdyp og fortynning

12.9.66 - 1.12.66

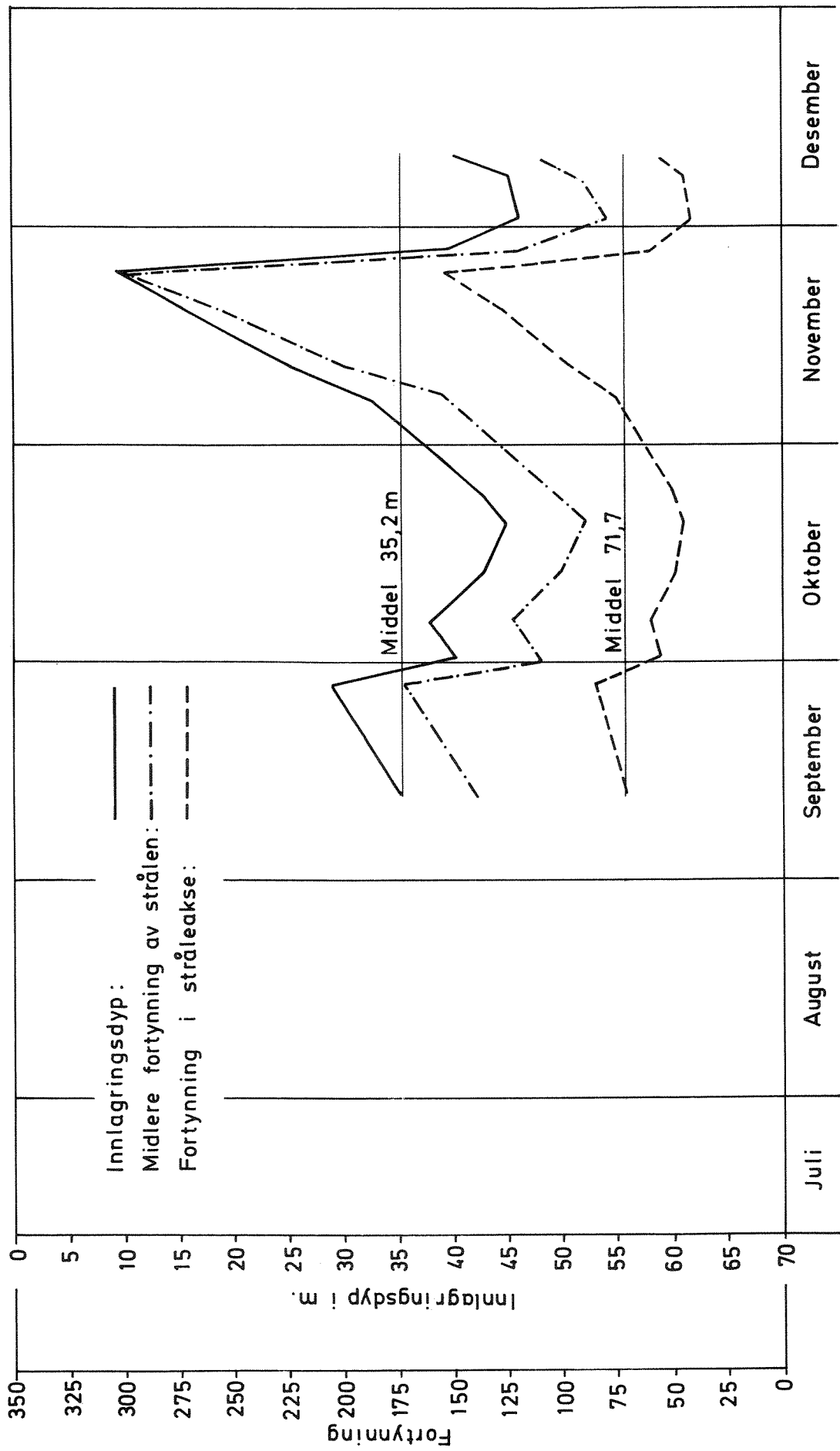


Fig.10

NIVA 41071

Dypvannsutslipp i Singlefjord

Innlagringsdyp og fortynning

13 · 7 · 67 - 16 · 12 · 67

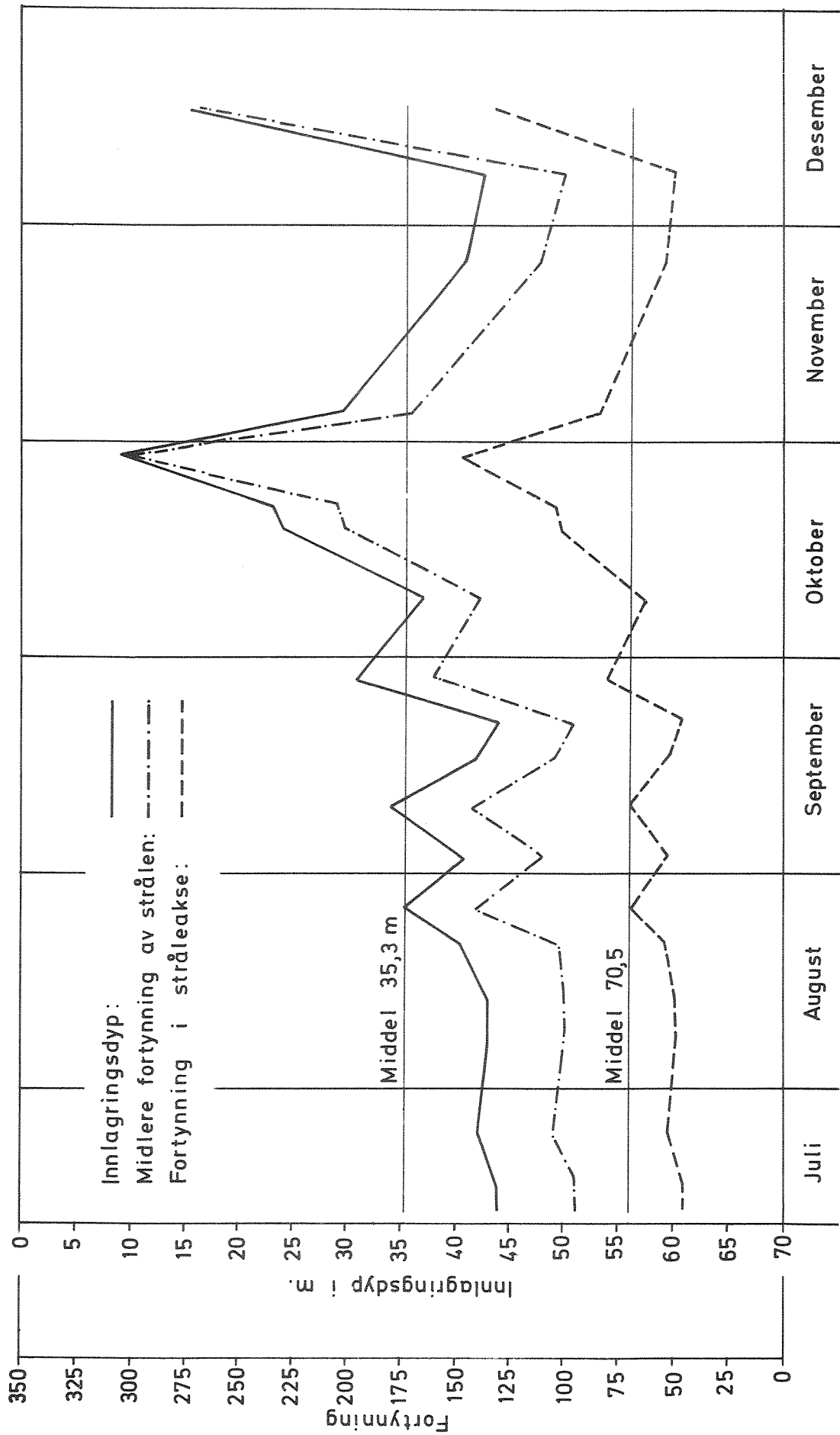


Fig.11