

Examensarbete i vattenbyggnad 1973:7

RECIPIENTUNDERSÖKNING I ELLÖSEFJORDEN

av

Lars-Erik Andersson

Björn Brunander

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	sid.	
1	INLEDNING	1.1
1.1	Förord	1.1
1.2	P. M. för Examensarbetet	1.2
2	ALLMÄNT	2.1
2.1	Ellösefjorden	2.1
2.2	Föroreningssituation	2.1
2.3	Framtida förhållanden	2.3
2.4	Koordinatsystem	2.4
2.5	Målsättning	2.5
3	AVLOPPSVATTNETS SPRIDNING	3.1
3.1	Allmänt	3.1
3.2	Initiell blandning	3.1
3.3	Borttransportfasen	3.4
4	SPÅRÄMNETS EGENSKAPER	4.1
4.1	Allmänt	4.1
4.2	Påverkan av yttre faktorer	4.1
5	SIMULERING AV AVLOPPSUTSLÄPP	5.1
5.1	Allmänt	5.1
5.2	Metodval	5.1
5.3	Doseringsutrustning för momentan dosering	5.2
5.4	Doseringsutrustning för kontinuerlig dosering	5.2
5.5	Val av utsläppspunkt	5.6
5.6	Mätutrustning	5.6
5.7	Mätmetodik	5.10
6	BEARBETNING AV INSAMLADE MÄTDATA	6.1
7	UTVÄRDERING AV MÄTDATA	7.1
7.1	Allmänt	7.1
7.2	Dosering 1	7.2
7.3	Dosering 2	7.6
7.4	Dosering 3	7.11
7.5	Dosering 4	7.15
7.6	Dosering 5	7.19
7.7	Dosering 6	7.24

		sid.
8	SAMMANFATTNING	8.1
8.1	Allmänt	8.1
8.2	Förslag	8.2
9	LITTERATURFÖRTECKNING	9.1

## 1. INLEDNING

### 1.1 Förord

Orust kommun har beslutat att uppföra ett avloppsreningsverk som skall betjäna Ellös samhälle på nordvästra Orust. Reningsverket har projekterats av Bohuskommunernas Byggnadskontor (BBK) i Uddevalla.

Föreliggande examensarbete syftar till att i anslutning till projekteringen fastställa den gynnsammaste utsläppspunkten för det renade avloppsvattnet. Handledare för arbetet har varit C-G. Göransson.

För värdefull hjälp vill vi tacka Orust kommun, Ellös brandkår och Bengt Johansson på BBK. Dessutom vill vi framföra ett stort tack till alla på FOODIA, med Thure och Verner i spetsen, som välvilligt ställde sina resurser till vårt förfogande. Sist men inte minst vill vi tacka Ann-Marie Holmdahl och Göta Bengtsson för att de hjälpte oss med utskriften av detta arbete.

Göteborg i januari 1974

  
Lars-Erik Andersson

  
Björn Brunander

Simuleringsförsök med spårämne för att utröna lämplig utsläppspunkt för avloppsvatten från Ellös samhälle

Orust kommun avser att inom en nära framtid bygga ett avloppsreningsverk i Ellös samhälle. Principförslag till reningsverkets placering och utformning föreligger och har utarbetats av Bohuskommunernas Byggnadskontor, Uddevalla. Utsläppspunkt i recipienten, Ellösefjorden, har dock ej fastställts. Avsikten med föreliggande examensarbete är därför att utföra en recipientundersökning, främst baserad på en simulering av kommande avloppsutsläpp med färgspårämne, som kan ligga till grund för en rekommendation om lämplig utsläppsplats.

Simuleringen tillgår preliminärt så att renvatten som tas från en brandpost märks med färgspårämnet Rodamin och släpps ut i recipienten på ett par alternativa utsläppsplatser. Då kapaciteten för de tillgängliga vattenslangarna är relativt låg jämfört med avloppets modellvattenföring kan det utsläppta färgspårämnet ej inlagras på samma nivå som ett verkligt avloppsutsläpp vid färgutsläpp från botten. Utsläppsarrangemanget får därför utformas så att utsläppets höjd i förhållande till botten kan varieras. Doseringstidens längd väljs till att börja med förslagsvis till en halv tidvattencykel, ca 6 tim, men kan sedan avpassas till vunna erfarenheter.

Registreringen av färgspårämnets utbredning sker kontinuerligt med ett fluorescensmätande instrument, en sk fluorometer, placerad i institutionens mätbåt, Albin 25, vilken körs efter ett visst inmätningssystem. Spårämnets vertikala fördelning mäts i ett antal punkter i direkt anslutning till den kontinuerliga inmätningen. I samband med val av alternativa utsläppspunkter utförs översiktlig ekolodning av utloppsledningens sträckning för att kontrollera att de valda utsläppsalternativen ej är ogynnsamma ur ledningsdragningsynpunkt.

Spårämneshörsöken inleds med 1 à 2 mindre utsläpp i någon av de befintliga utloppsledningarna (mynnande nära vattenytan) dels för att kunna studera skillnaderna i avloppsvattnets spridningsförhållanden

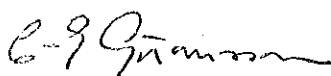
mellan kommande och nuvarande utsläppsplats(-er) och dels för att trimma in en lämplig inmätningssmetod.

Recipientens skiktning, vilken spelar en avgörande roll för avloppsvattnets inlagringsnivå mäts dagligen i 1 à 2 punkter strax före och i samband med rodaminmätningarna. Utgående från dessa mätningar görs innan varje ny dosering påbörjas en beräkning av vilken nivå utsläppet i detta fall skall ske på för att efterlikna utsläpp av avloppsvatten.

Spridningsförhållandena för spårämnet relateras till de för fjordens vattenomsättning väsentligaste påverkande faktorerna, nämligen vattenståndsvariationen (främst tidvatten) och vind. Vattenstånd mäts med egen pegel och vinduppgifter insamlas från SMHI:s mätstation på Måseskär.

Mätningarna utförs under sensommaren 1973 med start vecka 29 och föregås av litteraturstudier.

Göteborg 1973-06-05



C-G Göransson

## 2. ALLMÄNT

### 2.1 Ellösefjorden

Ellösefjorden, som skiljer NV Orust ifrån Skaftölandet, står i väster i direkt förbindelse med Skagerack, och är i nordost via Malö strömmar ansluten till det fjordsystem som skiljer Orust-Tjörn från fastlandet (Fig. 2:1).

Ellösefjorden är en grund fjord med en djupränna som huvudsakligen har en öst-västlig sträckning. Djuprännan har ett djup av 11-15 m och de övriga delarna av fjorden 6-8 m. I den nordvästra delen av den c:a 3 km långa och 1,5-2 km breda fjorden finns ett trettiotal tämligen små öar.

Ellösefjordens hydrografi kännetecknas sommartid - och förmodligen även annars - av ett mycket vindkänsligt språngskikt. Vid lugnt väder är språngskiktet väl markerat och är beläget på 6-9 m. Vid ökande vindar förskjuts språngskiktet i vertikalled (vid pålandsvind nedåt och vid frånlandsvind uppåt). Efter några dagars hård pålandsvind kan hela fjorden vara täthetshomogen.

Sötvattentillförseln via åar eller andra vattendrag är försumbar.

Vattenomsättningen i djupdelen är mycket god. Huvudorsaken till detta är den kraftiga ström som uppstår p. g. a. tidvattnets variationer. Strömmens hastighet varierar med väderleken och kan nå upp till fem knop [1].

### 2.2 Föroreningssituation

Detta examensarbete avser endast att behandla de till Ellösefjorden från Ellös tillförda föroreningarna. En detaljerad redogörelse för dessa finns i [1].

De dominerande förorenarna är konservindustrin FOODIA AB och Ellös samhälle (nuvarande folkmängd: 700 personer).

UDDEVALLA



BOKENÄSET

LYSEKIL

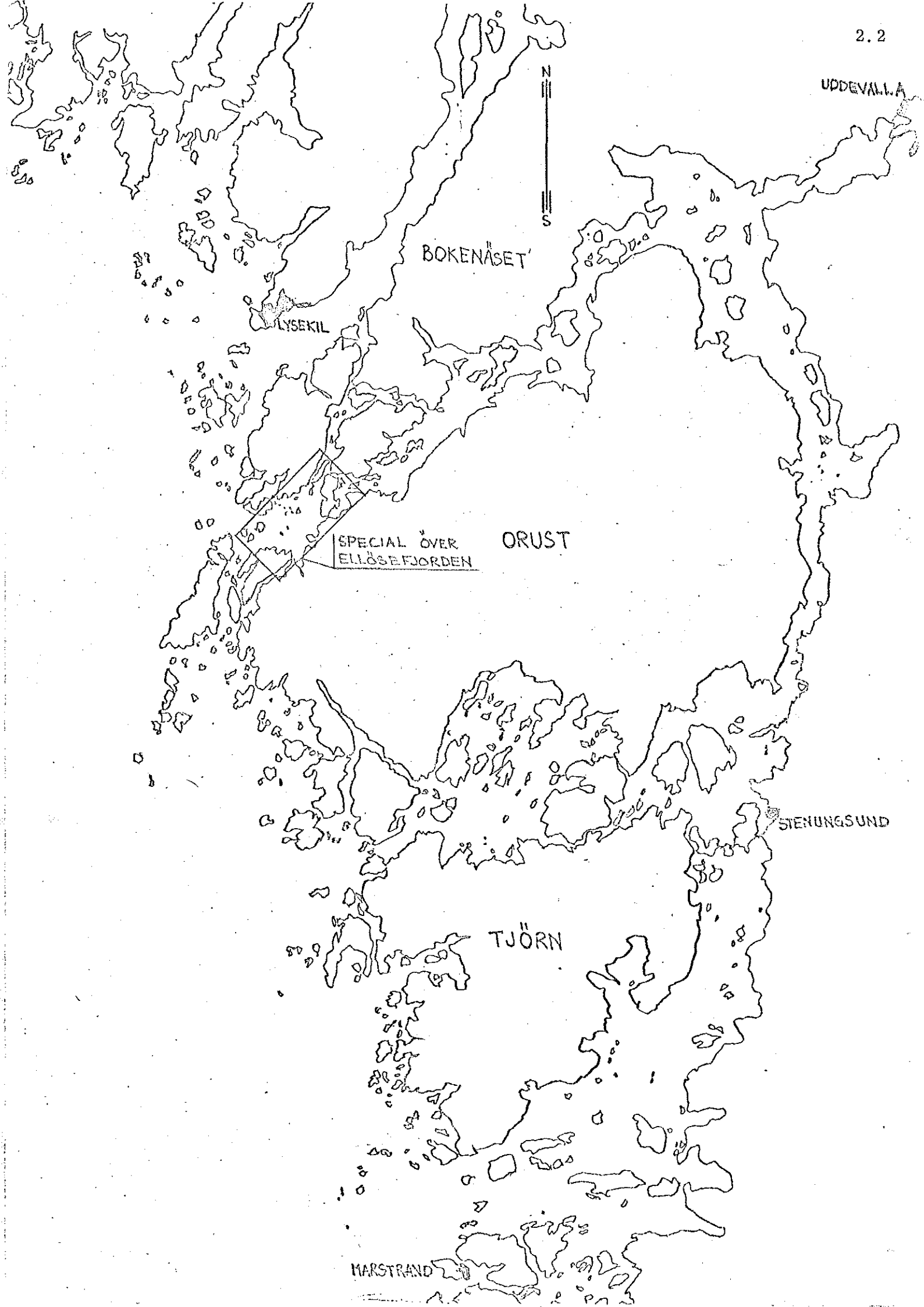
SPECIAL ÖVER  
ELLÖSEFJORDEN

ORUST

STENUNGSUND

TJÖRN

MARSTRAND





För slamavskiljning av samhällets avlopp har en mindre emscherbrunn uppförts under 50-talet. Utloppet från slamavskiljaren mynnar i Ellös hamn c:a 75 m från land.

FOODIA har sedan 1970 en grovreningsanläggning för avskiljning av framförallt fett. Anläggningen ger en  $BS_7$ -reduktion av  $\sim 40\%$  och av fett  $\sim 90\%$ . Spillvattnet leds från reningsanläggningen ut i recipienten. Sanitetsspillvattnet från FOODIA avleds dock till det kommunala nätet.

### 2.3 Framtida förhållanden

Ett reningsverk för biologisk behandling av spillvattnet har projekterats. Verket avses utföras som en lågbelastad aktivslamanläggning och är dimensionerat för en anslutning av samhällets befolkning (2000 p.) samt industrin år 2000.

Reningsseffekten förväntas bli  $90\%$  med avseende på biokemisk syreförbrukning ( $BS_7$ ), samt en fosforreduktion av minst  $40\%$ . Reningsverket avses vara klart att tas i bruk 1975.

Avloppsreningsverket föreslås anläggas c:a 500 m N Ellös samhälle med utsläpp av det renade vattnet vid botten ett 100-tal meter ut i Ellösefjorden. Det exakta läget för utsläppet är avhängigt spridnings- och borttransportbetingelserna i recipienten, vilka detta arbete syftar att beskriva.

### 2.4 Koordinatsystem

För att underlätta överföringen av inmätta data till kartor, upprättades ett internt koordinatsystem för Ellösefjorden. Origo är beläget strax öster om Lavö och Y-axeln bildar  $47^\circ$  vinkel med norriktningen (se kap. 7).

### 2.5 Målsättning

Avsikten med föreliggande arbete är att studera avloppsvattnets spridning och utspädning vid alternativa utsläppsplatser enligt ovan beskriv-

na förutsättningar, samt under varierande meteorologiska och hydrologiska förhållanden.

Resultatet av dessa studier skall sedan ligga till grund för ett förslag till utsläppspunkt, vilken inom realistiska ekonomiska ramar och med avseende på spridning och utspädning är den gynnsammaste.

### 3. AVLOPPSVATTNETS SPRIDNING

#### 3.1 Allmänt

En lösning av ett vattenföroreningsproblem måste baseras på vissa formulerade kvalitetskrav på recipienten. Denna precisering av målsättningen måste ligga till grund för själva problemlösningen. Spridningsförloppet vid utsläpp av avloppsvatten i en recipient kan lämpligen karakteriseras med hjälp av en föroreningsprognos. Det är två skeden som man är speciellt intresserad av, nämligen:

1. Initiell blandning styrd av utsläppsdata och recipientens lokala egenskaper.
2. Transportfasen där avloppsvattnet förs från utsläppsområdet och blandas med recipientvattnet. Denna fas är helt styrd av recipientförhållandena.

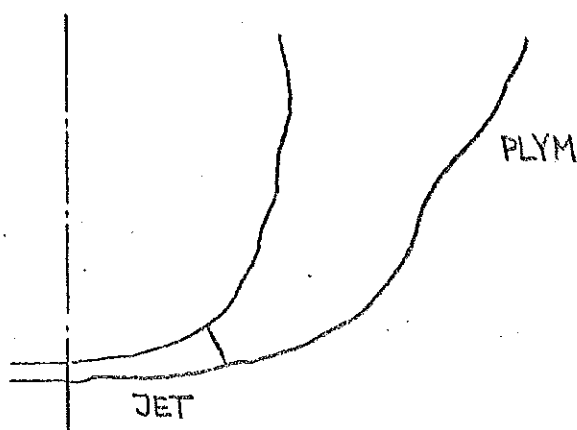
Det första skedet är i allmänhet möjligt att beräkna matematiskt med relativt god noggrannhet, medan det efterföljande skedet ofta är mycket svårt att analytiskt beräkna. Det finns flera teoretiska ansatser beträffande spridningsförloppet under borttransportfasen men det är uppenbarligen mycket svårt att ställa upp en allmängiltig spridningsteori. Detta beroende på bristande kunskaper om den turbulenta diffusionen. Det är på grund av dessa omständigheter som metoden, att genom spårämnesförsök i fält försöka bestämma avloppsvattnets spridning i recipienten, fått en sådan stor betydelse.

#### 3.2 Initiell blandning

Den initiella blandningen är ett stråldiffusionsproblem och de viktigaste faktorerna som styr förloppet under den första blandningsfasen är följande:

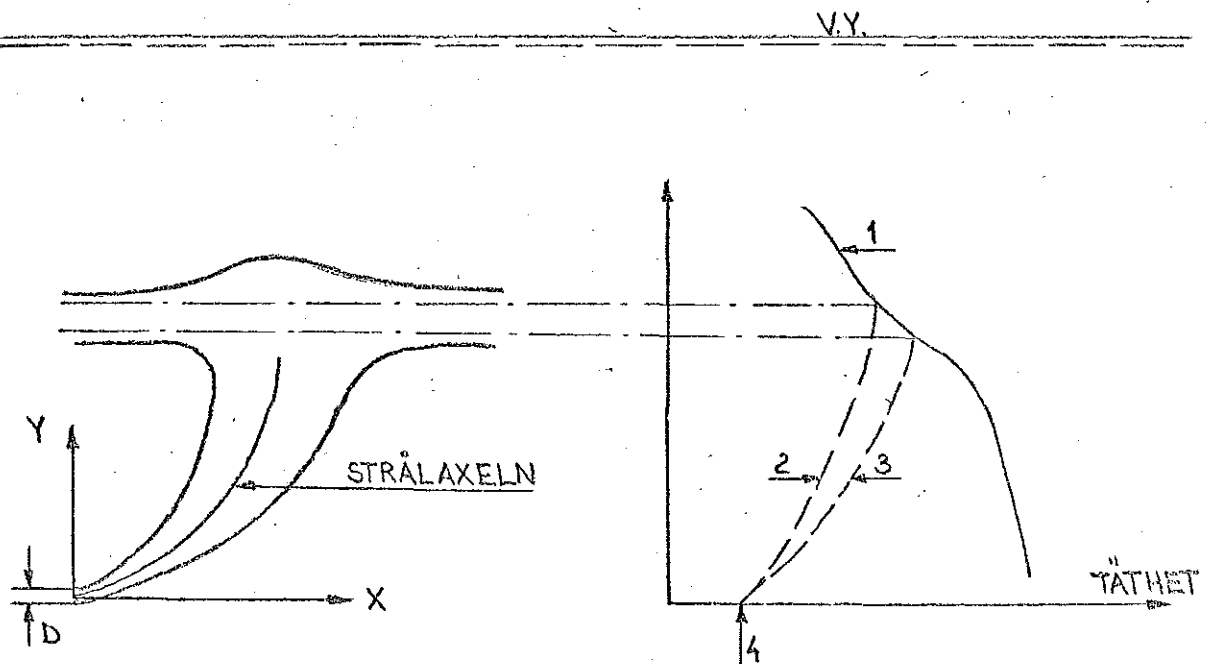
Utsläppsanordningens utformning: Utsläppsanordningen kan utformas på många olika sätt, men för att få en så stor initiell inblandning som möjligt, brukar den ofta utformas som en diffusor, dvs ett rör försett med ett antal utsläppshål utmed rörsidorna på lämpligt avstånd från varandra. Enligt förutsättningarna i [1] är detta emellertid ej aktuellt i vårt fall.

Deplacementskrafter: Avloppsvattnets densitet är inte densamma som havsvattnets. Eftersom avloppsvattnet har nästan samma densitet som färskvatten är det ungefär 2,6 % lättare än havsvatten. Fastän skillnaden är liten är deplacementkraftens inverkan på utloppsstrålen av mycket stor betydelse. Till exempel kan ett horisontellt utsläpp nära mynningen få ett jetliknande förlopp men övergår snart på grund av att resultanten till deplacementskraften är riktad uppåt till ett plymliknande förlopp. Avloppsvattenstrålen beskriver en modifierad kastparabelbana



Täthetsskiktningen: Våra hav och sjöar är ofta täthetsskiktade på grund av olikformig temperatur och/eller salthalt. En salthaltsförändring om 1 ‰ motsvarar en temperaturändring på mellan 5 och 10°C. I täthetsskiktat vatten dämpas den vertikala omsättningen på grund av att det fordras ett icke oväsentligt energitillskott för att utjämma täthetsdifferenserna. När recipienten är täthetshomogen kommer strålens form att likna kastparabeln så som tidigare sagts. Om omgivande vatten är tyngre så kröker kurvan uppåt, och då recipientvattnet är lättare än avloppsvattnet kröker den nedåt. En S-formad strålkurva kan observeras i strömmande vatten och/eller när täthetsgradienten är kraftig. Det kan hända att täthetsskiktningen har den effekten att strålen hejdas och inlagras ett stycke under vattenytan. Man har alltså möjlighet att vid täthetsskiktade recipienter djupinlagra avloppsvattnet. Om avloppsvattnet släpps ut i ett kustområde på djupt vatten kommer den uppåtstigande strålen att blandas med tungt bottenvatten varvid strålens täthet ökar och kan fångas upp av täthetsgradienter i recipienten närmare ytan. I nedanstående fig. visas ett horisontellt utsläpp i tyngre omgi-

vande vatten, där djupinlagring skett.



1. Recipientens täthet
2. Tätheten vid stråanaxeln
3. Medeltätheten över stråltvärsnittet
4. Utsläppsvätskans täthet

Strömförhållanden: Strömförhållandena har inte bara betydelse för rörelserna hos det i ytan eller nära ytan etablerade avloppsmolnet utan även för den initiella blandningen. Effekten kan emellertid inte överblickas, även om strömhastigheten bara är en bråkdel av utsläppsstrålens hastighet.

Om alltså lättare avloppsvatten leds ut vid botten utmed en havskust kommer det enl. föreg. att stiga upp mot ytan under successiv inblandning av havsvatten.

De faktorer som bestämmer utspädningen  $S$  i stillastående vatten är följande:

Täthetsdifferensen  $\Delta \rho = \rho_0 - \rho_f$  mellan avloppsvatten och havsvatten

Utlöppshastigheten  $V_0$

Strålens initialdiameter  $D$

Vattendjupet  $y$

En dimensionsanalys visar att utspädningen  $S_m$  längs strålxeln är en funktion av  $y/D$  och  $F$ . Cederwall [3], har funnit att detta samband matematiskt kan skrivas:

$$S_m = \frac{1}{2} F (0,38 \frac{y}{D \cdot F} + 0,66)^{5/3} \quad \text{där:}$$

$$F = \frac{V_0}{\sqrt{\frac{\Delta\rho}{\rho_0} \cdot g \cdot D}} = \text{Froudes densimetriska tal}$$

$$\frac{y}{D} = \text{relativa höjden}$$

För att denna formel skall gälla måste  $\frac{y}{D}$  vara större än  $0,89 \cdot F$ .

Utspädningen  $S_m$  är alltså direkt beroende på Froudes densimetriska tal och relativa höjden,  $y/D$ . I vårt fall är det framför allt förhållandet  $y/D$  som inverkar på utspädningen. Detta är beroende på att utloppshastigheten är så liten, att utsläppsförloppet mer liknar en plym än en jetstråle.

Om man har ett täthetsskiktat vatten, kan man räkna fram inlagringsnivån, dvs den nivå där det initiellt uppblandade avloppsvattnet inlagras, och där det täthetsmässigt hör hemma. Detta sker genom en intervallberäkning med utgångspunkt från de beräknade utspädningarna  $S_m$ .

### 3.3 Borttransportfasen

De konsekvenser ett avloppsvattenutsläpp får på förhållandena i recipienten är ofta på ett avgörande sätt beroende av hur föroreningen sprids från utsläppskällan, och hur effektivt utspädningen med recipientvattnet därvid sker. Det är därför angeläget att för olika tänkbara utsläppsplatser försöka ge en riktig statistisk beskrivning av hithörande spridningsbilder.

Förutsättningarna för att på teoretisk väg prognosera dessa spridningsbilder är tämligen små. Detta sammanhänger, som tidigare nämnts, med att någon teoretisk modell, som tillfredsställande beskriver spridningsförloppen, vilka främst beror på den aktuella bottenpografien, den turbulenta blandningen samt i vårt fall den starka strömmen, ej kunnat formuleras. Man måste därför studera spridningen genom spårämnesförsök.

## 4. SPÅRÄMNETS EGENSKAPER

### 4.1 Allmänt

Vid försöken har det fluorescerande färgämnet Rodamin B 200 använts. Rodamin B 200 är mycket lämpligt på grund av att det är helt ofarligt och detekterbart även vid mycket stora utspädningar. Rodamin är ett katjonfärgämne bland phtaleinerna och har den kemiska formeln  $C_{22}H_{31}O_3N_2Cl$ . Absorptionsmaximum ligger i det gröna (550 m $\mu$ ) och fluoreconsmaximum i det röda våglängdsområdet (570 m $\mu$ ). Rodamin kan mätas medelst fluorometer ned till en koncentration av  $5 \cdot 10^{-11}$ . Tätheten har bestämts till 1,113 g/cm<sup>3</sup> för den saluförda rodaminlösningen.

### 4.2 Påverkan av yttre faktorer

#### Temperatur:

Sambandet kan tecknas

$$F = F_0 e^{n(t-t_0)}$$

där  $F$  = aktuell fluorescens uttryckt i godtycklig enhet

$F_0$  = motsvarande fluorescens vid vald referenstemperatur,  $t_0$

$n$  = karaktäristisk konstant

$t$  = aktuell temperatur

Storleken på  $n$  har genom laborieförsök bestämts till  $-0,027$  ( $^{\circ}C^{-1}$ ). Exempelvis medför  $7^{\circ}C$  avvikelse från vald normaltemperatur 10% avvikelse i fluorescens, och ju högre temperatur desto lägre fluorescens.

En kurva som beskriver sambandet mellan mätutslag på den fluorometer vi använde och rodaminkoncentrationen (kalibreringskurva) har upprättats vid laborieundersökningar (fig. 4:1, 4:2).

#### Inverkan av recipientvattnet

Recipientvattnet kan ge upphov till vissa effekter som bör observeras. Två typer av bakgrund kan definieras:

1. Den "verkliga" bakgrunden, som orsakas av naturligt förekommande ämnen med fluorescerande egenskaper liknande dem hos rodamin. Detta måste beaktas.

2. Den bakgrund som huvudsakligen orsakas av interferensfenomen hos suspenderat material. Närvaron av suspenderat material har två effekter på fluorescensens storlek. Dels ökar fluorescensen på grund av interferens, dels minskar fluorescensen på grund av adsorption. Effekten av dessa faktorer är av samma storleksordning, varför man vid praktisk tillämpning försummar dessa faktorer.

#### pH-värde

Rodaminets fluorescens är i stort sett oberoende av variationer i pH mellan pH 4, 0-10, 5. I Ellösefjorden ligger pH-värdet inom de stipulerade gränserna.

#### Salthalt

Fluorescensen påverkas ej av salthaltskoncentrationer från 0 till 35 %. I Ellösefjorden varierar salthalten mellan 20 och 33 %.

#### Fotokemisk avklingning

Den fotokemiska avklingningen är oberoende av koncentrationen. Halveringstiden för Rodamin är i solsken omkring 31 timmar och i mulet väder 5 gånger längre. Förutom väderleken inverkar även spårämnets avstånd till ytan och vattnets ljusgenomsläpplighet på avklingningsförloppet (se fig. 4:3).

Avklingningsprov på 1 meter togs (fig. 4:4). Önskvärt antal prov erhöles emellertid ej på grund av att flaskorna med avklingningsproven vid två tillfällen stals.

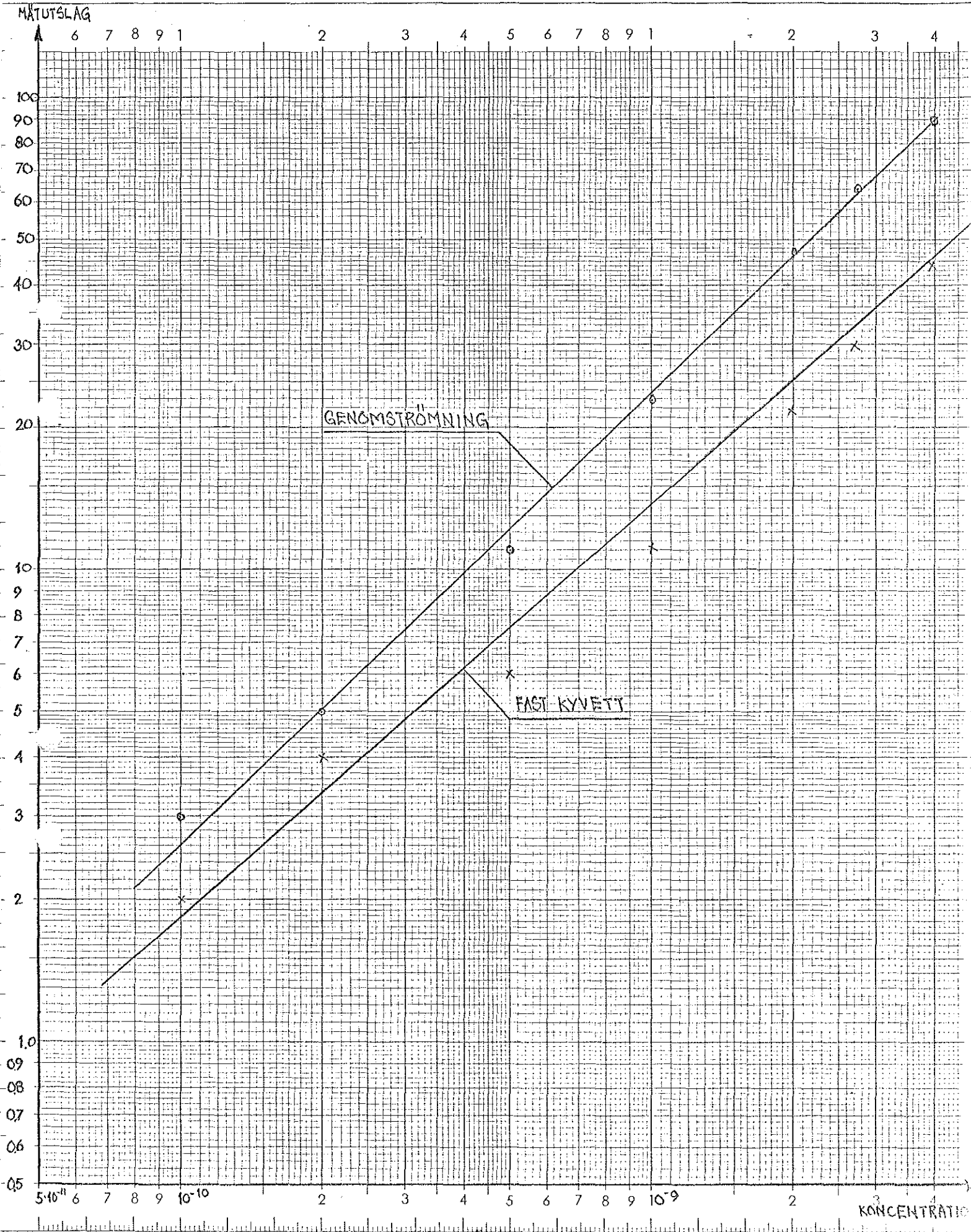
Som förvaringskärl för den Rodaminlösning som pumpades ut användes en svartmålad 25-litersdunk, som inte släppte igenom något ljus.



FIGUR 4:1

KALIBRERINGSKURVA FÖR FLUORIMETER 3086 , MÄTOMRÅDE [x30]

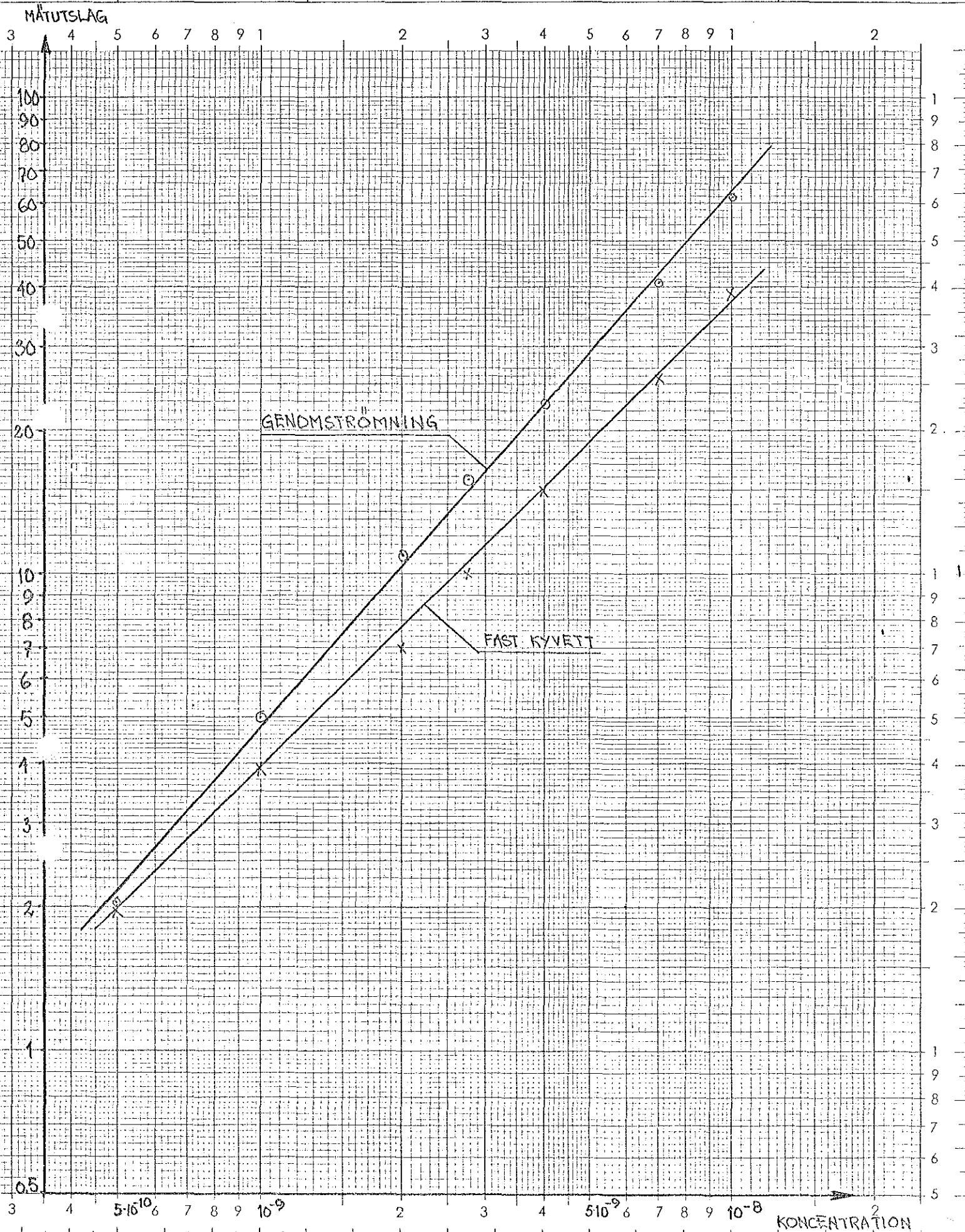
TEMPERATUR 20°C



FIGUR 4:2

KALIBRERINGSKURVA FÖR FLUORIMETER 3086

MÄTOMRÅDE [ $\times 10$ ], TEMPERATUR 20°C



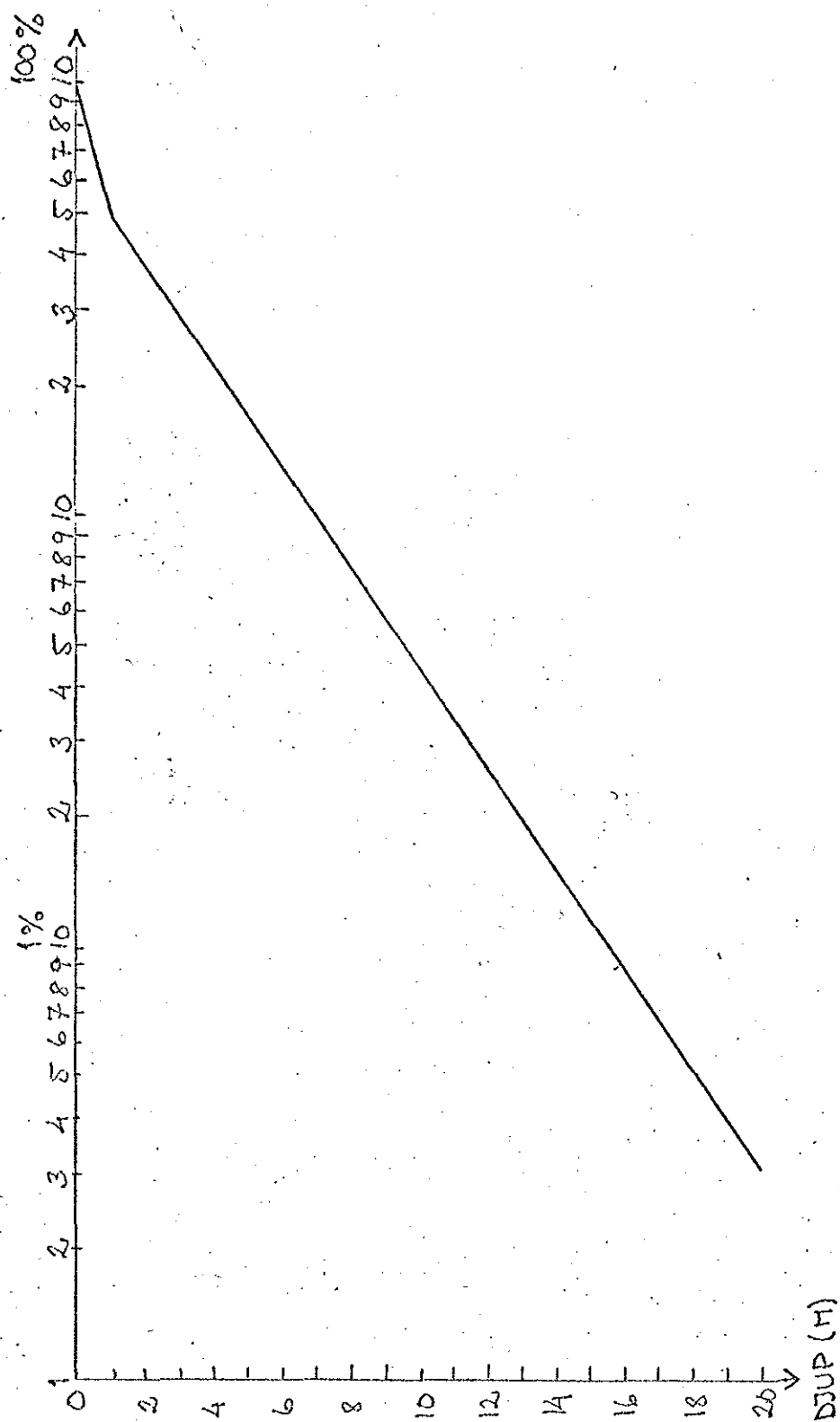
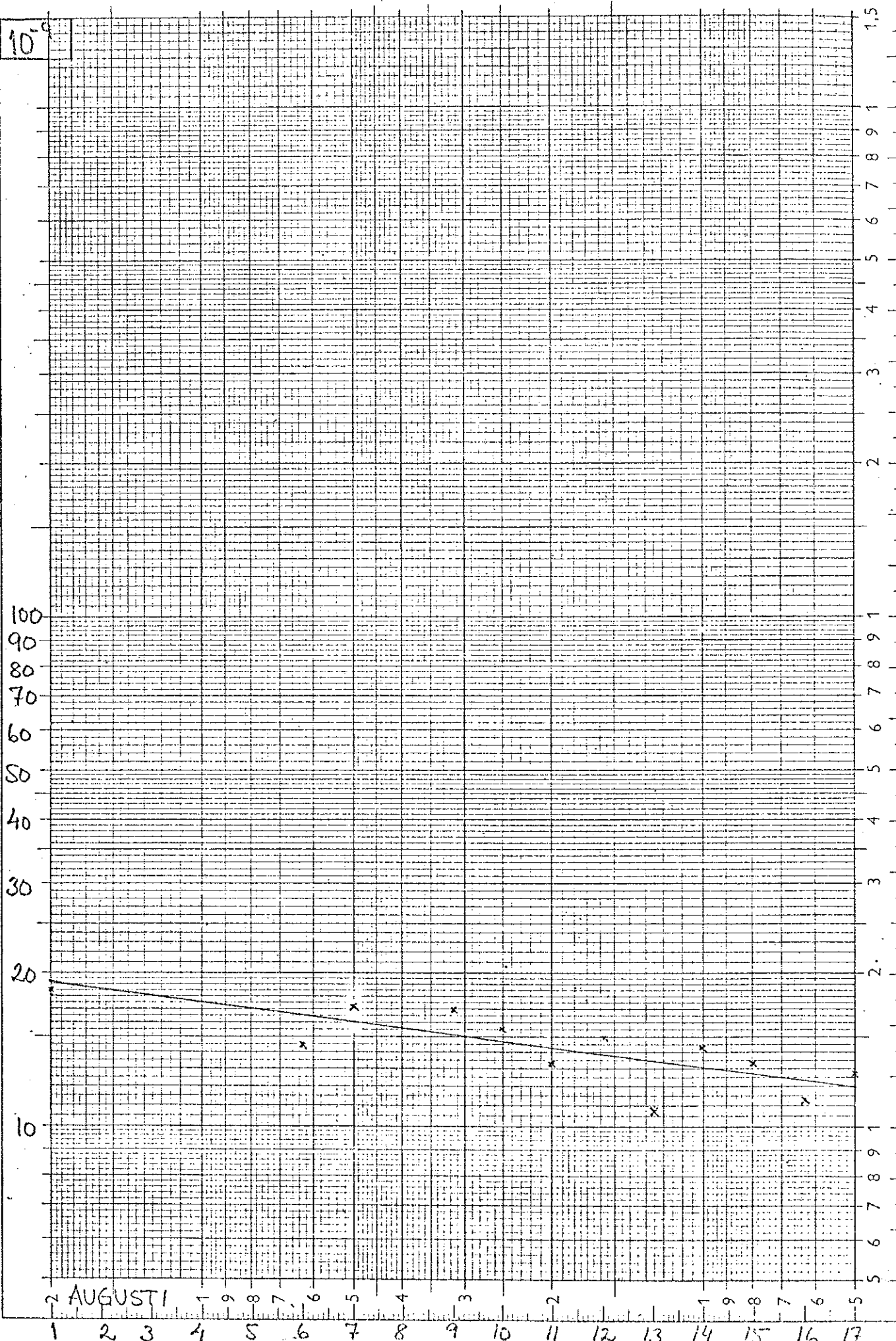


Fig. 4:3 Ljusstyrkan som funktion av vattendjupet i Byfjorden

FIG. 4:4

4.6

AVKLINGNINGSPROV PÅ 1M:S DJUP



10<sup>0</sup>

100  
90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
10

~ AUGUSTI

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

73 25 01 - 634 A4 - Log x Log - Modul 100

ESSELTE  
4465

## 5. SIMULERING AV AVLOPPSUTSLÄPP

### 5.1 Allmänt

Försöket avsåg att simulera ett utsläpp av avloppsvatten som genomgått biologisk behandling i det projekterade avloppsreningsverket i Ellös.

Man har för avsikt att släppa ut avloppsvattnet på botten i djuprännan (12-13 m:s djup) utanför reningsverket.

### 5.2 Metodval

Rent allmänt finns två metoder: kontinuerlig dosering och momentan dosering. Vi valde att i största möjliga utsträckning använda oss av den kontinuerliga metoden, eftersom den mer liknar ett verkligt utsläpp, och att använda oss av den momentana metoden som komplement.

För att simulera ett utsläpp på den aktuella platsen med kontinuerlig dosering fanns två alternativ: Antingen att pumpa ned det sötare ytvattnet till utsläppsnivån ifrån en uppankrad flotte, eller att ta sötvatten i land och leda det ut i slangar.

Efter besök på platsen och diskussion med berörda personer, beslöt vi att använda oss av det senare alternativet.

Nackdelarna med flotte-alternativet var flera: Svårigheter att få tag i en lämplig flotte, användandet av saltvatten som ersättning för sött avloppsvatten, och kanske främst svårigheterna att på ett tillfredsställande sätt ankra upp flotten i den tidvis mycket starka strömmen. Dessutom skulle närheten till farleden vara mycket besvärande.

Den valda metoden, utledande av sötvatten från land, medförde också en del problem, bland annat att den brandpost, från vilken vi skulle ta vårt vatten, befann sig 700 m från stranden. Genom att den blivande färskvattenledningen till A-R-verket inköptes tidigare och att brandkåren lånade ut slang löstes dock detta. Ett följdproblem till detta var, att vi p g a stora friktionsförluster fick ut relativt små vattenmängder i recipienten. Ännu ett problem var vattenbristen, vilket medförde att uttag av vatten endast kunde ske på nätterna, företrädesvis under helger.

### 5.3 Doseringsutrustning för momentan dosering

Momentan dosering tillgår så, att man från ett förutbestämt djup, där man beräknat att avloppsvattnet skall inlagra sig, pumpar upp vatten i ett stort kärl. I kärlet blandar man en viss mängd spårämne. Därefter pumpar man ner lösningen till den valda nivån. I vårt fall använde vi oss av en reversibel 12 V pump med en kapacitet av ca 1 - 1,5 l/s, ett 300 l:s doseringskärl av mörkgrå plast för att utestänga ljus, samt ca 10 m armerad 1 1/4" plastslang med munstycke och slang. För att nå önskvärda doseringspunkter måste man utföra doseringen från båt (se fig 5:2).

### 5.4 Doseringsutrustning för kontinuerlig dosering

Med kontinuerlig dosering menas en dosering som utan avbrott pågår en längre eller kortare tid.

För att åstadkomma detta tog vi vatten ifrån en brandpost. Vid brandposten kopplades en vattenmätare och en doseringspump in. Doseringspumpen var en Mikromax kolvpump med en kapacitet på ca 0-2 ml/s. Doseringspumpen måste innan försökens start kalibreras under rådande förhållanden, ty kapaciteten är till en viss grad beroende av trycket i ledningen. Spårämnet förvarades i svarta, ljustäta dunkar, och leddes via doseringspumpen in i ledningen. (Fig. 5:1). Från doseringsstället leddes vattnet vidare i en 500 m lång PEH-ledning med  $\phi = 69$  mm, därefter i en 150 m lång brandslang ( $\phi = 63$ ) vidare ner till vattenbrynet.

Från stranden ut till utsläppspunkten leddes vattnet ut i en ca 210 m lång smalslang ( $\phi = 32$  mm), förankrad med ca 3 kg/10 m.

Förlustberäkning:

Tryckhöjd  $h = 58$  m

Förluster i brandpost, vattenmätare o dyl  $\approx 2 q^2 / 2qA_1^2 = 0,01 \cdot 10^6 q^2$

Accelerations- och retardationsförluster  $\approx 1,5 q^2 / 2qA_2^2 = 0,13 \cdot 10^6 q^2$

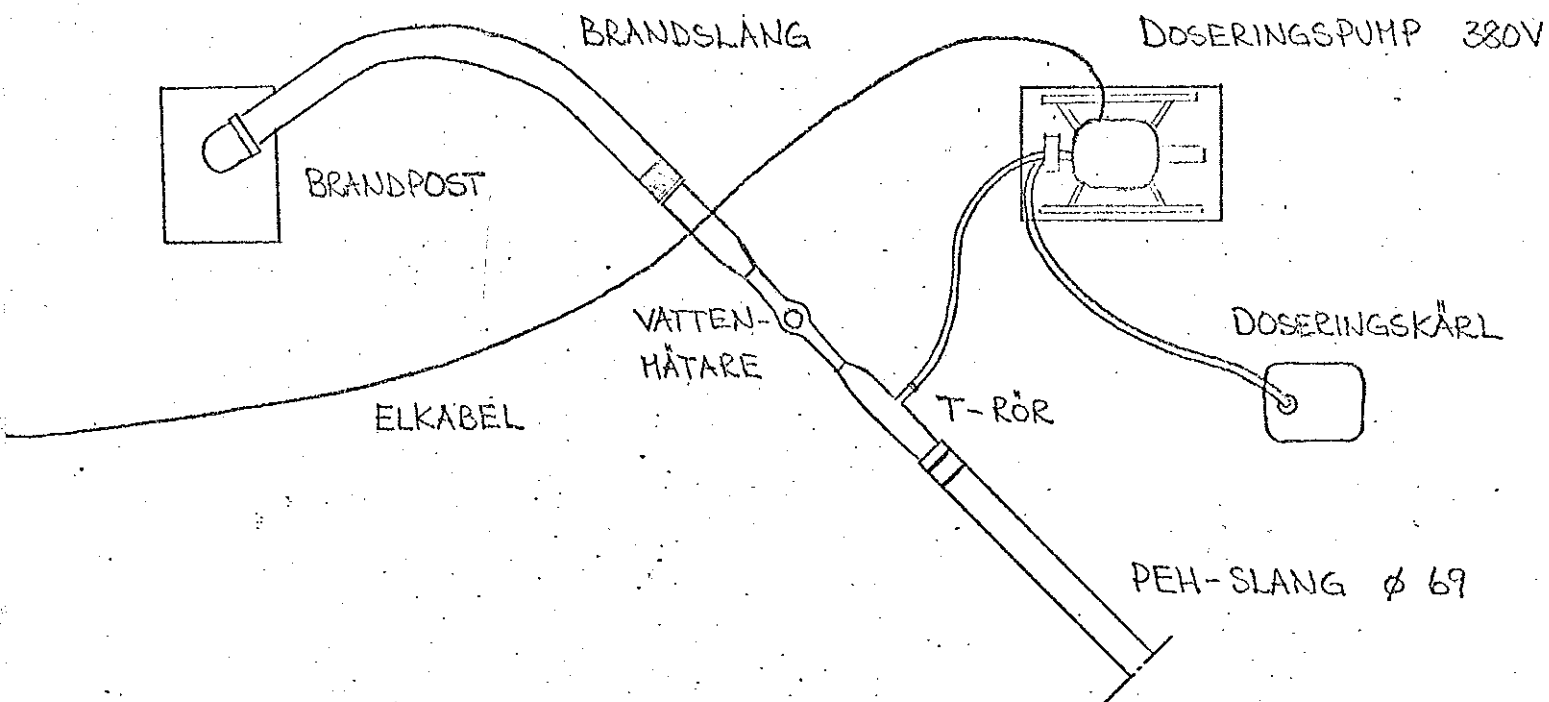


Fig. 5:1 Utrustning för kontinuerlig dosering

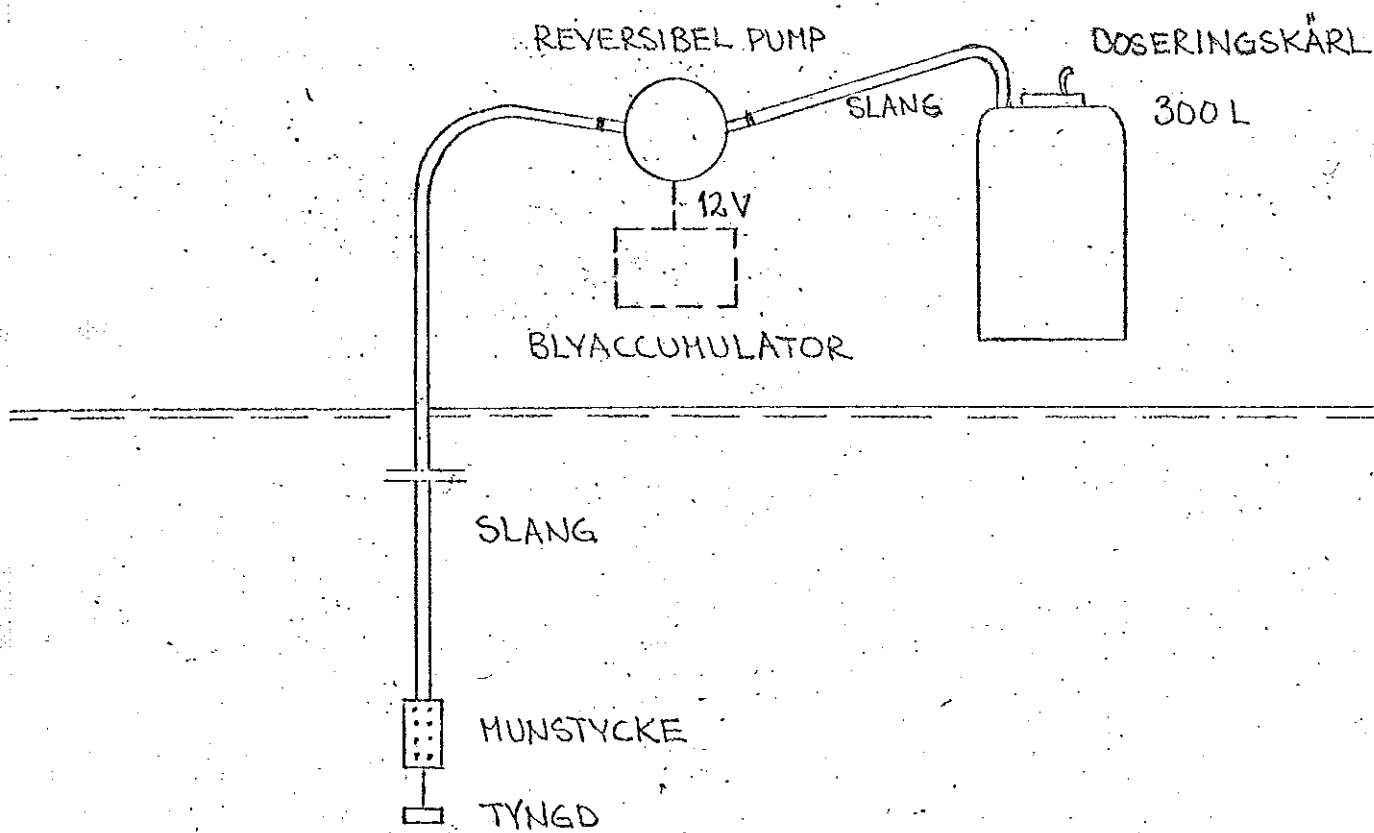


Fig. 5:2 Utrustning för momentan dosering

$$\text{Ledningsförluster: } h_f = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{q^2}{2q \cdot A^2}$$

$$500 \text{ m } \phi 69, \quad f = 0,015 \implies h_{f1} = 108,5 \cdot \frac{q^2}{2qA^2}$$

$$150 \text{ m } \phi 63, \quad f = 0,030 \implies h_{f2} = 72,5 \cdot \frac{q^2}{2qA_1^2}$$

$$210 \text{ m } \phi 32, \quad f = 0,039 \implies h_{f3} = 256,0 \cdot \frac{q^2}{2qA_2^2}$$

$$\therefore h_{f1} = 0,53 \cdot 10^6 q^2, \quad h_{f2} = 0,38 \cdot 10^6 q^2, \quad h_{f3} = 20,0 \cdot 10^6 q^2$$

$$\Sigma \text{ förluster: } (0,01 + 0,13 + 0,53 + 0,38 + 20,0) \cdot 10^6 q^2 = 21,06 \cdot 10^6$$

$$\therefore q = \sqrt[2]{\frac{58}{21,06} \cdot 10^{-6}} = 1,66 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 1,66 \text{ l/s}$$

Beräknat flöde 1,6 - 1,7 l/s.

Detta flöde är mycket litet jämfört med medelvattenföringen i det framtida avloppsutsläppet ( $\approx 10$  l/s år 1980). Dessutom är hastigheten i det simulerade utsläppet mycket större än i det projekterade. Med dessa förutsättningar skulle inlagring av avloppsvattnet ske på större djup vid simulering än i verkligheten. För att kompensera dessa avvikelser tillverkades ett utloppsmunstycke med ökad utloppsdiameter och med flytkraft, så att höjden över botten kunde varieras (se fig 5:3). Av utspädningsberäkningar enligt [2] och [3] framgick att utloppsmunstycket borde vara utformat som en uppåtriktad tratt med utloppsdiametern ca 20 cm. Tratten skulle också förses med en flytkropp med en lyftkraft på 15-20 kg och förankras vid ett 50-60 kg:s ankare på 1-2 m:s höjd från botten. Höjden från botten avgörs från fall till fall av saltgradienten i recipienten.



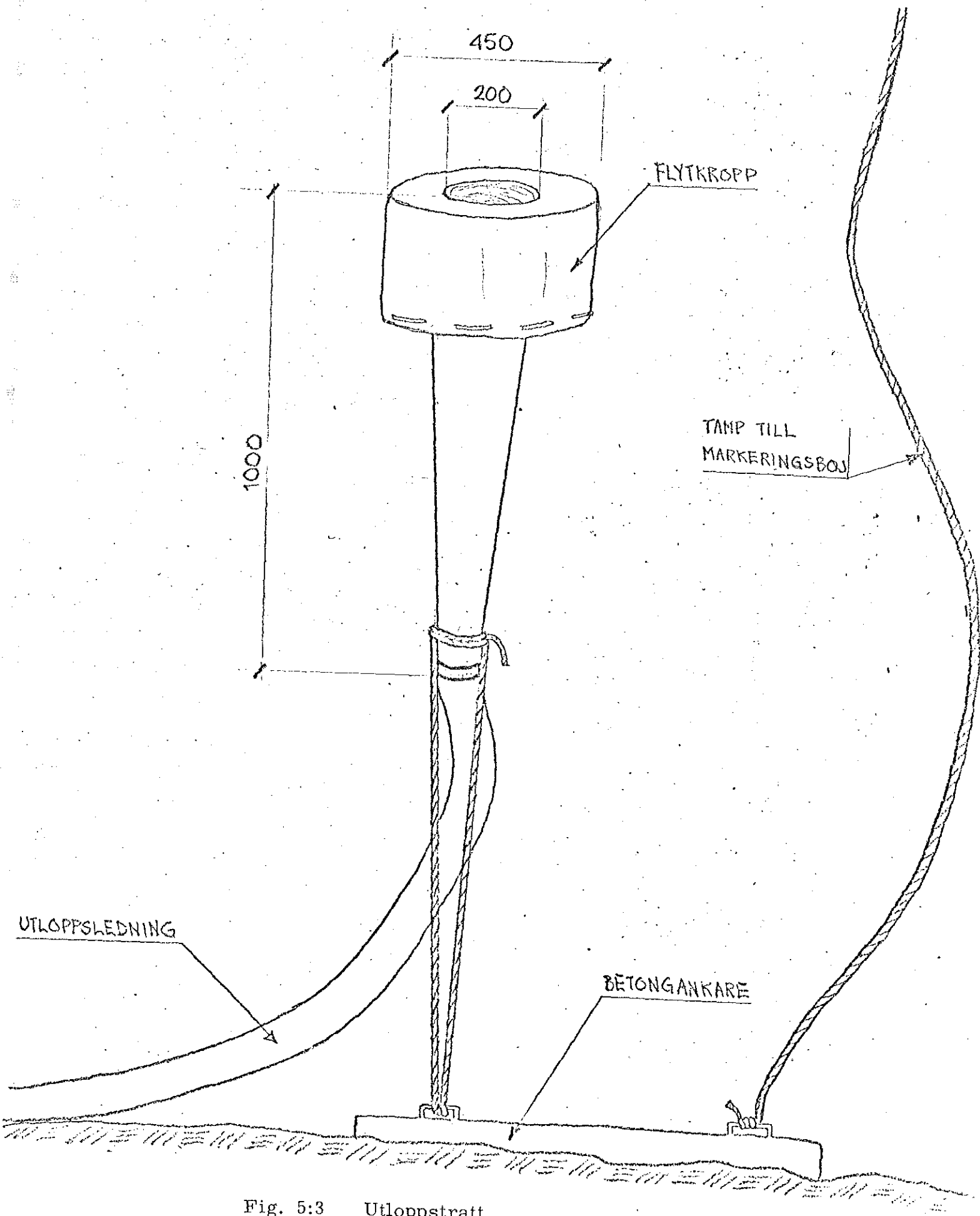


Fig. 5:3 Utloppstratt

### 5. 5 Val av utsläppspunkter

För att få en uppfattning om bottenens topografi i det aktuella utsläppsområdet utförde vi en översiktlig ekolodning i några olika riktningar (se fig 5:4). Ekolodningen gav vid handen, att botten-topografin i samtliga undersökta riktningar var väl lämpad för ledningsdragning.

På grund av tidsbegränsning tvingades vi begränsa antalet alternativa utsläppspunkter till två stycken. Den ena punkten förlades, enligt intentionerna i [1], så nära strömfårans mitt som möjligt. Denna punkt kallas fortsättningsvis punkt A (se fig 5:5).

Under mätningarnas gång framkom resultat som kom att bestämma den alternativa utsläppspunkten till den nordvästra kanten av själva huvudfåran. (Se vidare kap 8). Denna punkt kallas fortsättningsvis punkt B (se fig 5:5).

På kartorna i kapitel 7 utmärks utsläppspunkten med hjälp av ett i en ring inskrivet kryss (ø).

### 5. 6 Mätutrustning

Vid inmätning av Rodaminkoncentrationen användes institutionens Albin 25 som mätbåt.

Båten var utrustad med två seriekopplade 12 V batterier som levererade ström till en centrifugalpump. Pumpen sög från det aktuella mätdjupet upp vatten genom en fluorometer, vilken var placerad i båtens garderob för att få en så ljusfattig miljö som möjligt. En omformare gav 50-periodig 220 V växelström till en transformator, vilken i sin tur gav erforderliga 110 V till fluorometern. Fluorometern var kopplad till en potentiometrisk XY-XT-skrivare av typ MINIGOR, Re501. Denna var, för att förenkla avläsning av fluorometerutslaget, placerad vid båtens förarplats (se fig. 5:6).

Fluorometern var av typ G. K. Turner Associates Modell III. Instrumentet utgörs i princip av en självbalanserad optisk brygga, där det ifrån vattenprovet emitterade ljuset mäts. För att erhålla vattenprovets fluorescens, vilken är direkt proportionell mot rodaminkoncentrationen, relateras intensiteten på det från vattenprovet emitterade ljuset till en referensstråle.

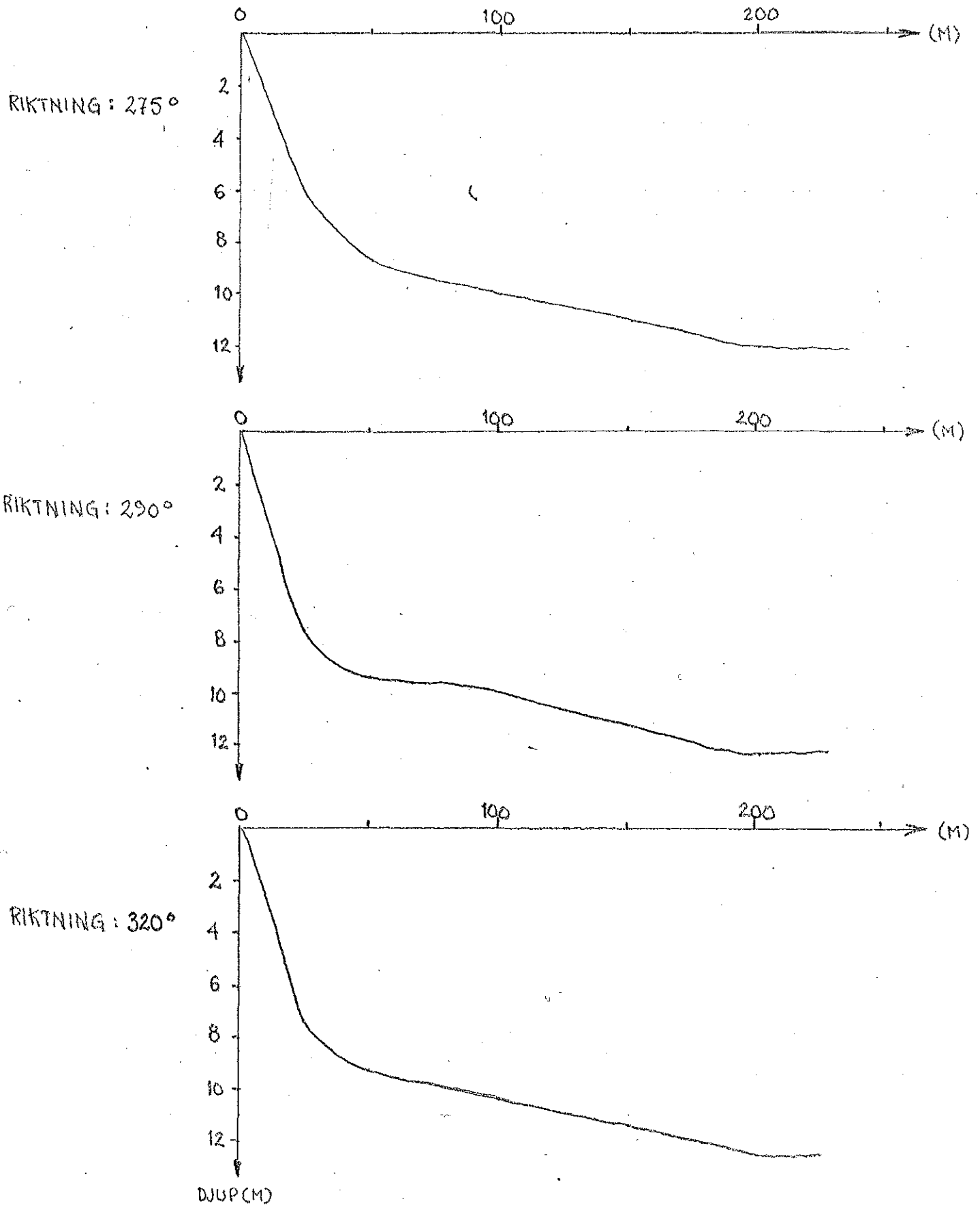


Fig. 5:4 Bottenprofiler enligt ekolodning

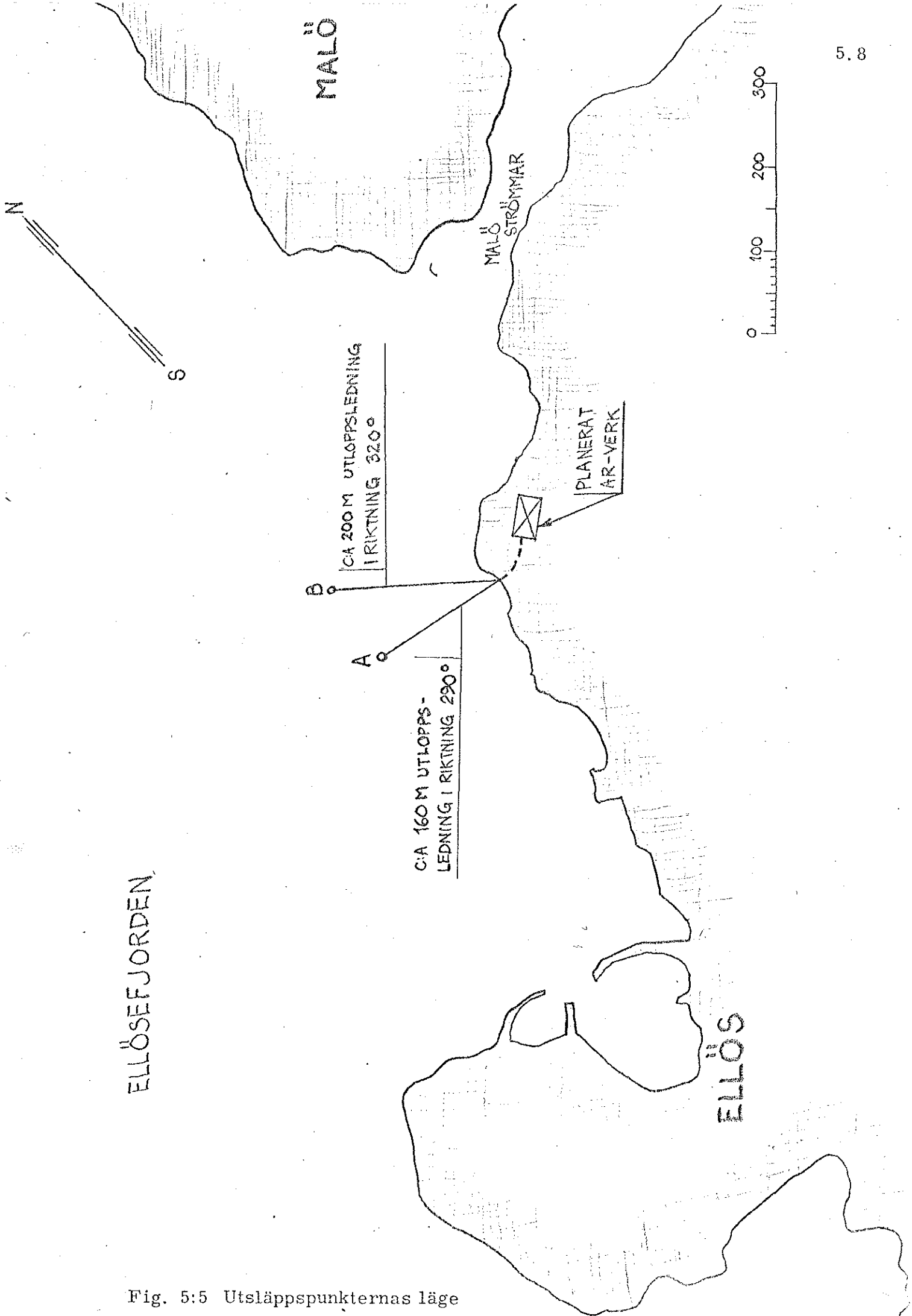


Fig. 5:5 Utsläppspunkternas läge

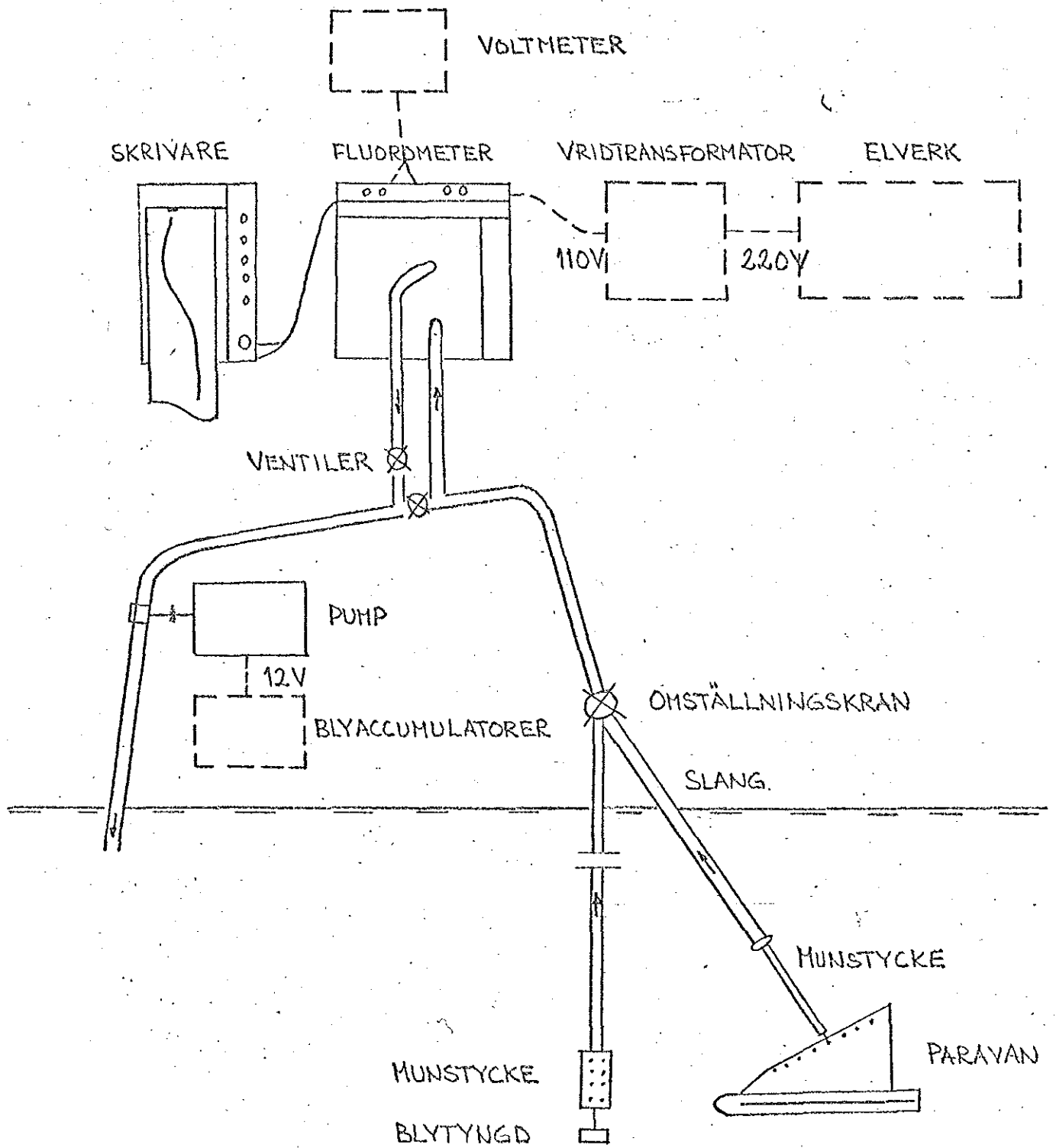


Fig. 5:6 Mätutrustning

Fluorometern kan mäta koncentrationer ner till  $5 \cdot 10^{-11}$  och har fyra känslighetsinställningar (1x, 3x, 10x, 30x). Vid mätningarna användes genomgående det känsligaste mätområdet, 30<sup>x</sup>.

Fluorometern kan genom byte av dörr användas antingen för mätning av prov i en fast kuvett eller för mätning av vatten som kontinuerligt pumpas genom instrumentet.

Två olika mätmetoder har använts: djupprofilmätning, där man mäter spårämnets vertikala utbredning, samt "paravankörning", där man mäter den horisontella utbredningen.

Vid djupprofilmätning kopplas till pumpen en armerad plastslang, där varje meter är markerad. I slangens andra ända sitter ett insugsmunstycke och en blytyngd, den senare för att hålla slangen vertikalt i vatten.

Vid paravankörning bogserar båten en paravan från vilken en munstycksförsedd slang leder upp till båten. För att kunna bestämma paravanens gångdjup fästs en tryckmätare vid intagsmunstycket. Tryckmätaren förbinds via en till slangen fäst ledning med en digitalvoltmeter placerad vid mätbåtens förarplats. Mät djupet kunde sedan beräknas med ledning av digitalvoltmeterens utslag. Övrig mätutrustning var en salinometer typ MC5 för bestämning av salthalt och temperatur, samt en OTT-pegel för att registrera vattenståndets variationer.

### 5.7 Mätmetodik

För att ge korrekta mätvärden kräver fluorometern en uppvärmningstid på ca 30 min, varunder vi utförde en eller flera salthalts- och temperaturmätningar. Då fluorometern var uppvärmd mätte vi bakgrundsvärdet på en punkt i fjorden, där vi var säkra på att inget rodamin fanns. Innan själva inmätningen startade kalibrerades skrivaren gentemot fluorometern genom att i en fast kuvett ha en standardlösning. Dessutom kalibrerades tryckmätaren genom att avläsa värdena på voltmeteren för varje meter tryckmätaren sänktes ner.

Första inmätningen av rodaminmolnet påbörjades direkt efter doseringens avslutande, vilket var nödvändigt på grund av den snabba spädningen. Själva inmätningen inleddes med djupprofiler i några olika punkter för att kunna bestämma utsläppets huvudsakliga inlagringsnivå. Därefter vidtog paravankörning på den vid djupprofilmätningen bestämda inlagringsnivån. För att bestämma vår position använde vi oss av landmärken (ex ensfyrrar, ud-dar, öar osv). Positioner samt tidpunkter noterades på skrivarremsan. Vi använde oss inte av några fixerade mätrutter utan anpassade rutten allt efter rodaminmolnets spridning samt till paravanens frigångsdjup. Under paravankörningen tog vi med jämna mellanrum djupprofiler.

Vid senare inmätningar under samma försök och vid ytförsöken slopades de inledande djupprofilmätningarna när de tog onödig tid.

Metodiken måste vid stort inlagringsdjup modifieras, då paravankörning på djup under åtta meter var omöjlig i stora delar av fjorden. Mätningarna av djupprofilerna måste i dessa fall ökas väsentligt.

För att bestämma rodaminets fotokemiska avklingning tillverkades en rodaminlösning med en ungefärlig koncentration av  $10^{-8}$ . Lösningen buteljèrades på flaskor av glas som släppte igenom ca 98 % av solljuset. Flaskorna hängdes upp på ca en meters djup i bojen som markerade utsläppspunkten. Lösningens koncentration mättes sedan då och då i samband med inmätningarna. Tyvärr försvann flaskorna efter en tid, så vi fick sätta ut ett nytt avklingningsprov. Även denna flaska blev bortplockad efter någon vecka. Detta medförde att vi erhöll färre mätresultat från avklingningsprov än beräknat. Detta var dock av mindre betydelse, eftersom avklingningen, genom försökens korta varaktighet, ej fick någon signifikant inverkan på uppmätta koncentrationer.

## 6. BEARBETNING AV INSAMLADE MÄTDATA

### Allmänt

De nedan beskrivna mätresultaten redovisas sammanställt på ett "kartblad" för varje mätning i kap. 7.

### Vind

Vinduppgifter har erhållits från SMHI:s mätstation vid Måseskär och redovisas i form av en till kartan relaterad vindpil.

### Vattenstånd

Vattenståndet i Ellösefjorden har registrerats av en pegel placerad vid Foodias kaj i Ellös. Vattenståndets variationer visas under en tidsperiod av tre dygn i anslutning till dosering och inmätning. Nollaxelns läge i diagrammet är godtyckligt vald och har således inget samband med normalvattenståndet.

### Salthalt

Salthalten mättes med salinometer på flera punkter i fjorden, både före och under varje dosering. Det visade sig att salinometern med tiden visade för låga värden p. g. a. en fortlöpande oxidation på mätkroppen. En efterkalibrering gjordes och de inmätta värdena korrigerades. Då saltgradienten visar små variationer mellan olika punkter i fjorden redovisas en gemensam salthaltsprofil för hela fjorden. Mätpunkten utmärks på kartan av en ring ( O ).

### Temperatur

Temperaturen i vattnet mättes samtidigt med salthalten med hjälp av salinometern, således fick även temperaturen korrigeras i efterhand. Då ej heller temperaturen visar några nämnvärda variationer mellan olika punkter i fjorden, visas endast en temperaturkurva. Temperaturen visas i samma diagram som salthalten.

### Rodamin

Mängden doserat rodamin mättes före dosering upp m. h. a. mätglas,



medan initialkoncentrationen rodamin i utsläppt vatten beräknades med hjälp av pumpdata och vattenåtgång enligt vattenmätare.

Rodaminkoncentrationen i vattnet, inmätt vid paravankörning och djupprofilmätning, redovisas dels i form av kartor (horisontell utbredning) och dels i diagramform (vertikal utbredning).

För enkelhets skull redovisas den vertikala utbredningen, djupprofilen, i en för hela utbredningsområdet representativ figur tillsammans med övriga mätdata. Mätpunkten utmärks på kartan av en fylld ring (●).

Vid beräkning av inmätt mängd rodamin användes följande tillvägagångssätt:

Varje djupprofil antogs vara representativ för ett visst omgivande område, vars storlek bedömdes m. h. a. paravanmätningar och intilliggande djupprofilmätningar. Med utgångspunkt från djupprofilerna kunde vattenvolymen indelas i ett visst antal skikt med konstant tjocklek och rodaminkoncentration.

Den inmätta mängden rodamin erhöles således:

$$X = A_1 (t_{11} \cdot k_{11} + t_{12} \cdot k_{12} + \dots) + A_2 (t_{21} \cdot k_{21} + \dots) + \dots$$

där  $X$  = mängden inmätt rodamin

$A_i$  = områdets area

$t_{ij}$  = skiktets tjocklek

$k_{ij}$  = " " rodaminkoncentration

Approximationen att skiktens tjocklek och rodaminkoncentration är konstant kan anses tillåten då djupprofiler togs med täta mellanrum.

Vid beräkning av den inmätta mängden rodamin bortsågs från avklingningens inverkan, enär försöken, p. g. a. den snabba vattenomsättningen i fjorden, var relativt kortvariga.

## 7. UTVÄRDERING AV MÄTDATA

### 7.1 Allmänt

Då vattnet i fjorden vid vissa tillfällen, t. ex. vid ihållande hårt väder, är täthetshomogent, kommer avloppsvattnet att stiga upp till ytan. Detta föranledde oss att göra ett smärre antal doseringar i ytan (s.k. ytutsläpp) för att simulera sådana förhållanden.

Större delen av året är dock recipienten täthetsskiktad, vilket enl. kap. 3 medför en djupinlagring (under förutsättning att täthetsgradienten är tillräckligt stor). Dessa förhållanden simulerades med utsläpp på djupet (s.k. djuputsläpp).

För att utröna vilken mängd rodamin som erfordrades vid doseringarna, utförde vi en provdosering med 0,36 l rodamin/h. Det visade sig att denna mängd var otillräcklig. Utspädningen skedde nämligen så snabbt att rodaminkoncentrationen inom kort blev alltför låg för att kunna mätas. Vi bestämde oss därför för att i fortsättningen dosera minst 0,7 l rodamin/h.

## 7.2 Dosering 1

Typ av dosering: Kontinuerlig ytdosering  
Utsläppsplats: Punkt A  
Doseringstid: 73-30-07 kl. 13.15 - 13.40  
Antal inmätningar: 3 st

### Kommentar

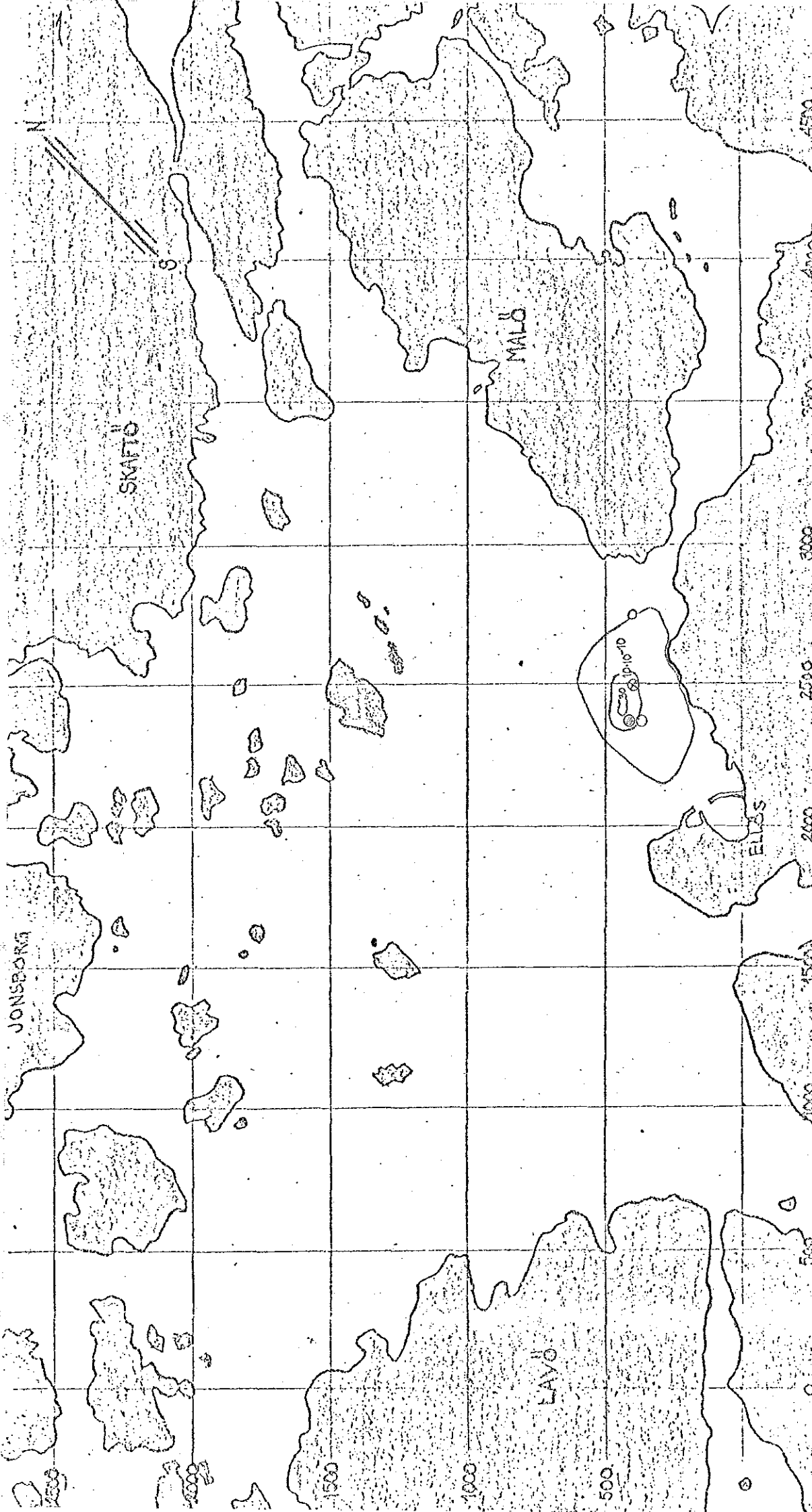
Doseringen fick avbrytas tidigare än vi från början avsett p. g. a. att ett läckage uppstod i utloppsledningen nära land. Den mängd rodamin som läckte ut var dock så liten att försöket inte stördes.

Som framgår av djupprofilerna inblandades rodaminet snabbt ner till 4-5 m:s djup. Detta tyder på en stark turbulens ovan språngskiktet.


Rodaminmolnet spreds till en början långsamt in mot Malö strömmar men då tidvattenströmmen c:a 3,5 timmar efter doseringens början vände, började molnet spridas utåt med större hastighet.

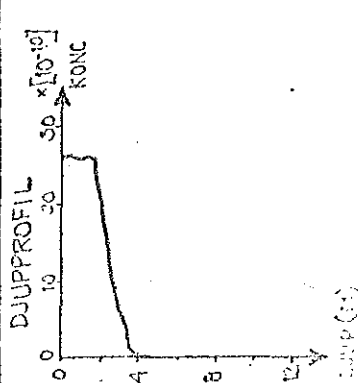
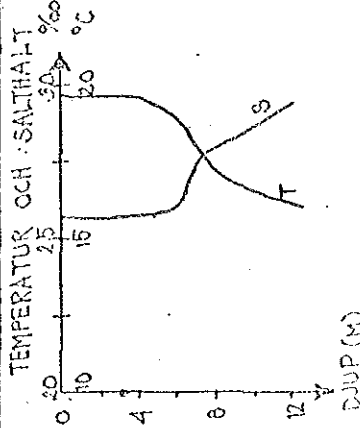
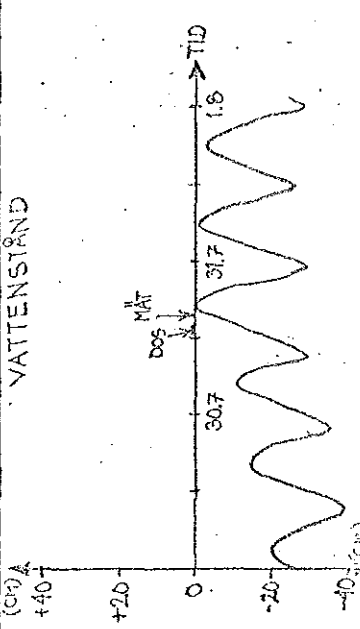
Vid utströmmen bildades en bakeda med vilken molnet fördes in mot Ellös samhälle. Man kunde iakttaga att utströmmen gick ovanligt nära Orustsidan av fjorden och vid inmätningarna visade det sig att rodaminmolnets utbredning stämde tämligen väl överens med den iakttagna strömriktningen.

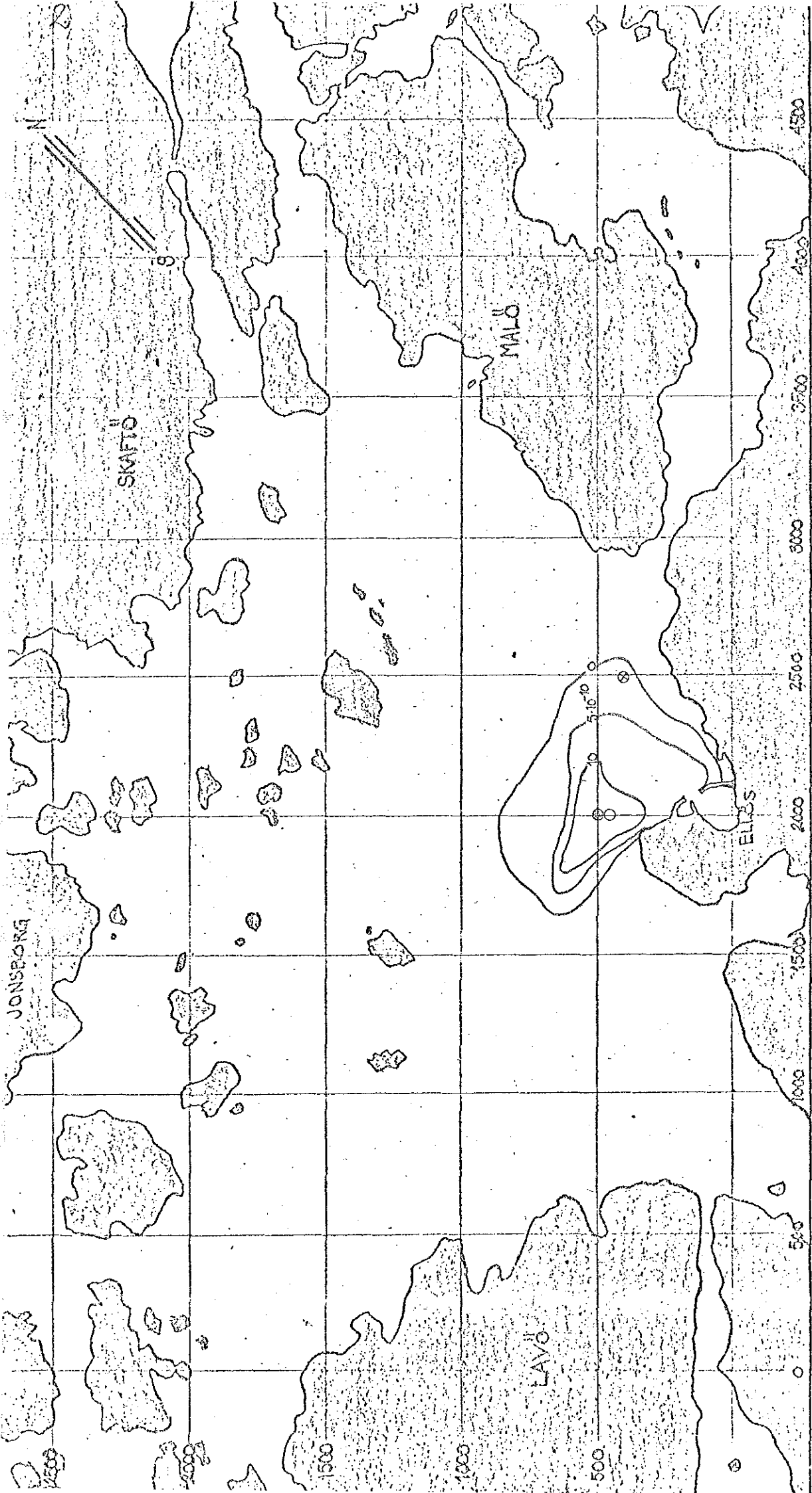
Under dagen skedde en vindkantring från SV till V. Denna ändring av vindriktning kan ha påverkat rodaminmolnets utbredning så att det spreds närmare Orustsidan av fjorden. Denna lokala vindeffekt tycks dock vara av underordnad betydelse jämfört med strömmar orsakade av tidvatten- och lufttrycksvariationer samt regionala vindförhållanden



DATUM : 30.7.73  
 TIDPUNKT : 15 30  
 MÄTDJUP : 1 M  
 INMÄTT MÄNGD : 0,33 L  
 DOSERAD MÄNGD : 0,37 L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN  
 I UTSÄPPT VATTEN : (510)

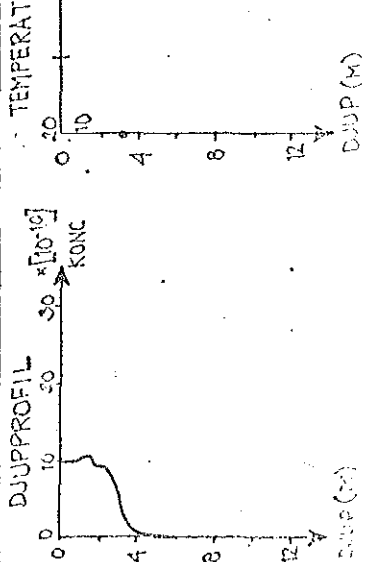
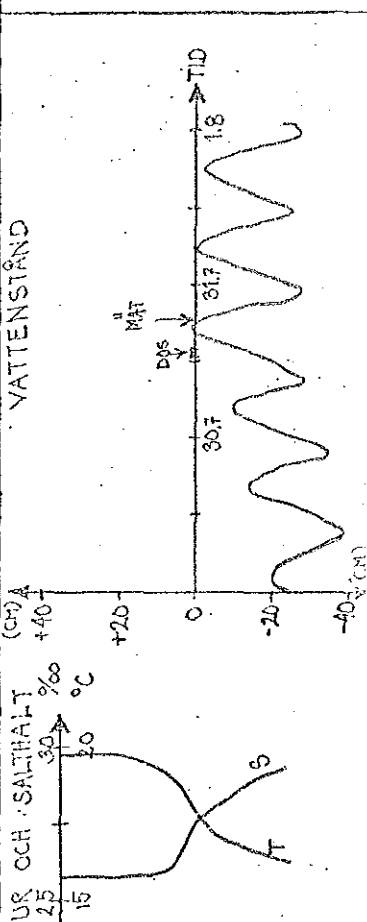
VIND  
  
 VINDSTYRKA : 7 M/S  
 VINDRIKTNING : SV

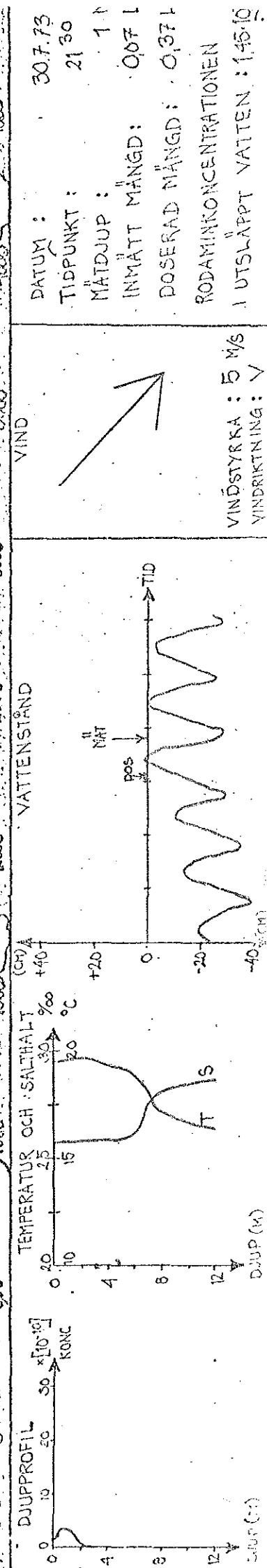
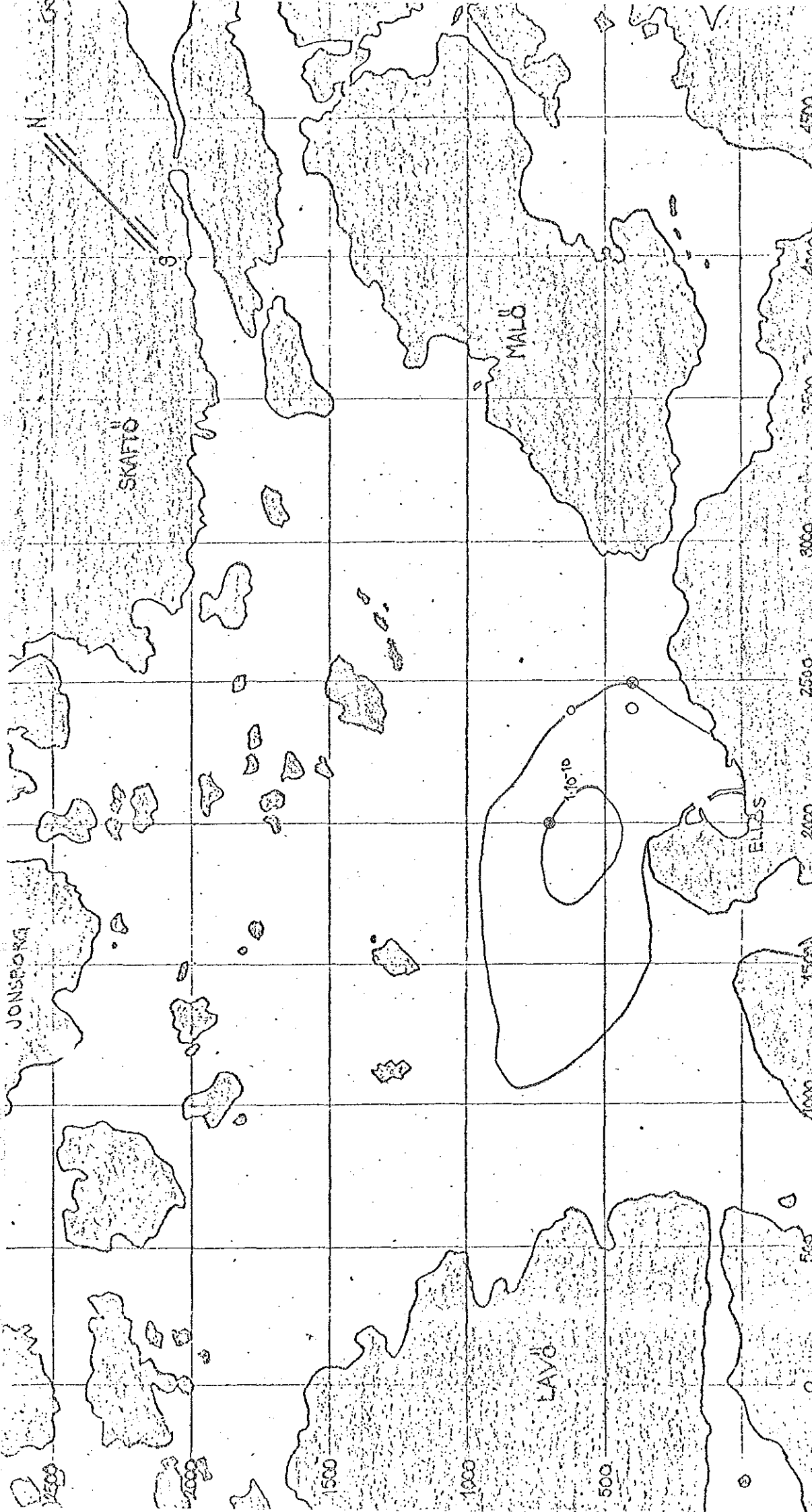





DATUM : 30.7.73  
 TIDPUNKT : 1730  
 MÄTDJUP : 1 M  
 INMÄTT MÄNGD : 0,37 L  
 DOSERAD MÄNGD : 0,37 L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN  
 I UTSLÄPPT VATTEN : 15 · 10<sup>6</sup>

VINDSTYRKA : 6 M/S  
 VINDRIKTNING : VSV





DATUM : 30.7.73  
 TIDPUNKT : 21 30  
 MÄTDJUP : 1 m  
 INMÄTT MÄNGD : 0,07 l  
 DOSERAD MÄNGD : 0,37 l  
 RODAMINKONCENTRATIONEN  
 I UTSLÄPPT VATTEN : 1,45 · 10<sup>-10</sup>

VIND :   
  
 VINDSTYRKA : 5 m/s  
 VINDRIKTNING : V

TEMPERATUR OCH SALTHALT (°C) A  
 +40  
 +20  
 0  
 -20  
 -40 (°C)

SALTHALT ‰  
 30  
 20  
 15  
 10  
 5  
 0  
 -5  
 -10  
 -15  
 -20  
 -25  
 -30  
 -35  
 -40 (‰)

DUPPROFIL [m]  
 0  
 10  
 20  
 30  
 40  
 50  
 60  
 70  
 80  
 90  
 100  
 110  
 120  
 130  
 140  
 150 (m)

VATTENSTÄND  
 pos  
 nat  
 TID

### 7.3 Dosering 2

Typ av dosering: Kontinuerlig ytdosering  
Utsläppsplats: Punkt A  
Doseringstid: 73-08-02 kl. 03.55 - 05.50  
Antal inmätningar: 4 st

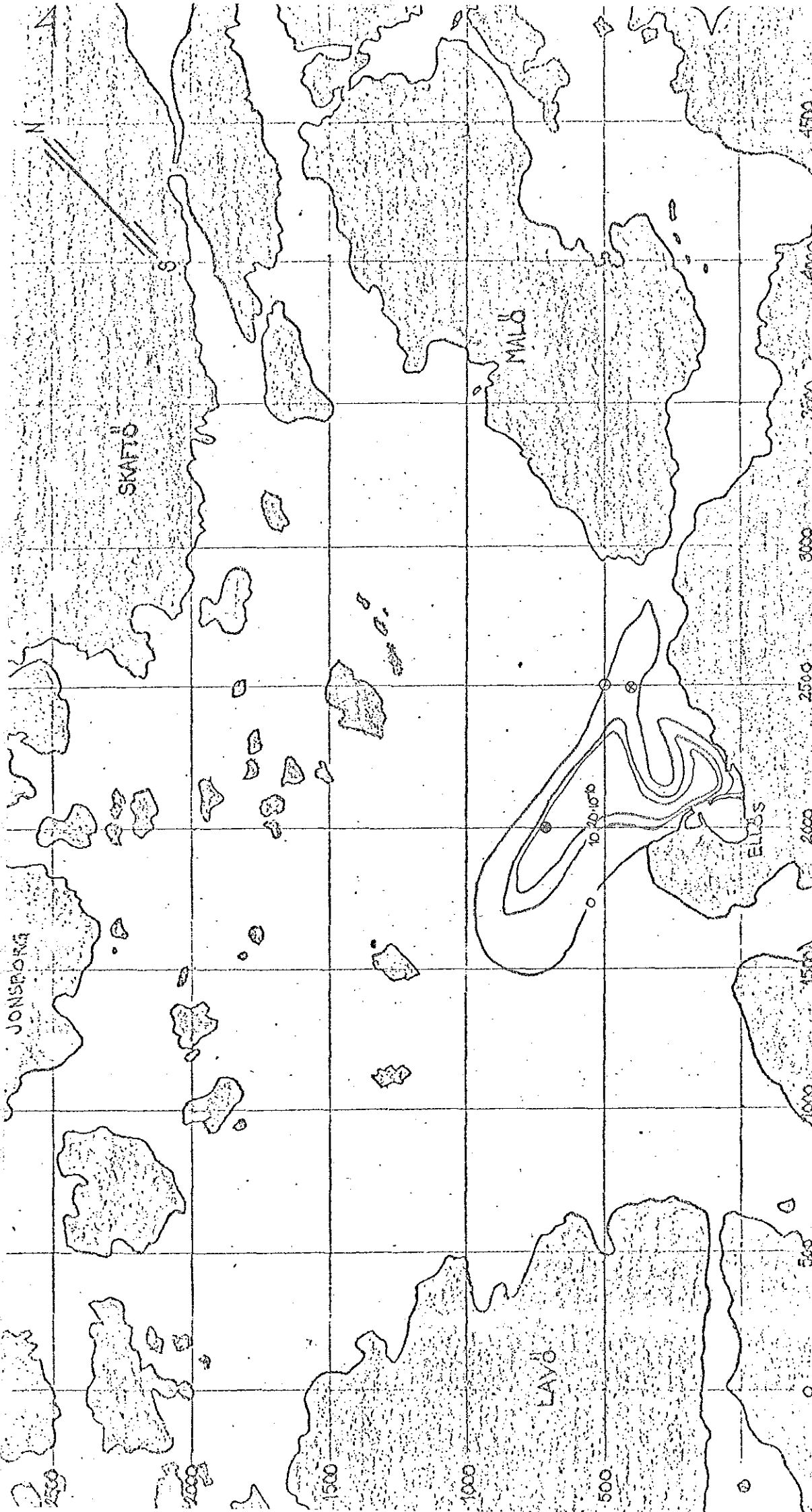
#### Kommentar

Under doseringstiden och i ytterligare en timmas tid steg tidvattnet och ingen utström kunde iakttagas innan 09.30-tiden. Trots detta visar den första inmätningen, att rodaminmolnet var på väg utåt redan klockan 07.00. Dessutom hade en tydlig bakeda in mot Ellös samhälle utbildats. Detta tyder på att strömmen var utåtgående trots att tidvattnet ej nått sin höjdpunkt.

Vid middagstid började tidvattnet åter stiga samtidigt som vinden ändrade riktning från VSV till S. Detta var förmodligen anledningen till att rodaminmolnet ändrade riktning och försköts mot den grundare, nordvästliga delen av fjorden.

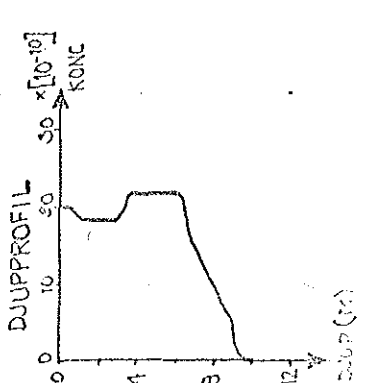
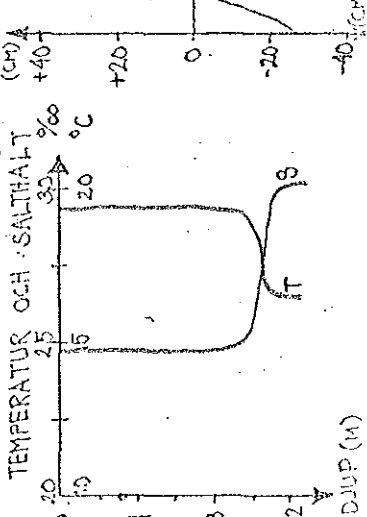
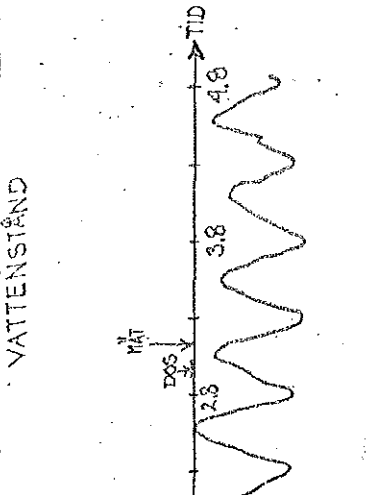
Som framgår av djupprofilerna får man en snabb vertikal inblandning av rodaminet ända ner till språngskiktet. Detta tyder på stark turbulens i vattnet.

Enär det ingen gång under dagen kunde förmärkas någon inåtgående ström i ytvattnet, kan en förklaring vara att det förekom två strömmar: en utåtgående ytström och en inåtgående, av tidvattnet beroende kallare bottenström.

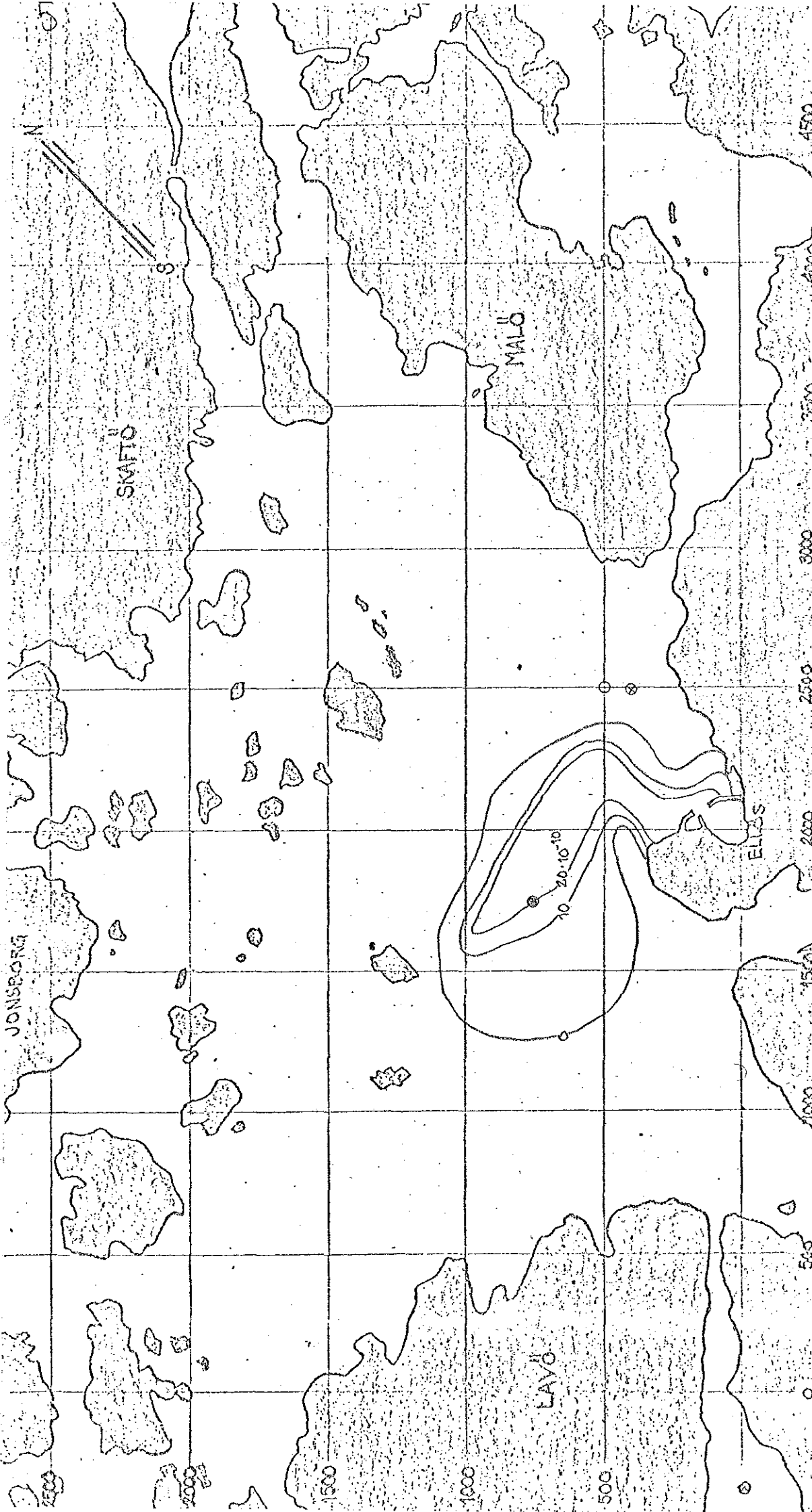


DATUM : 2.8.73  
 TIDPUNKT : 07.00  
 MÄTDJUP : 1 M  
 INMÄTT MÄNGD : 5.67 L  
 DOSERAD MÄNGD : 5.70 L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN  
 I UTSLÄPPT VATTEN :  $3 \cdot 10^{-4}$

VINDSTYRKA : 7 M/S  
 VINDRIKTNING : YSY

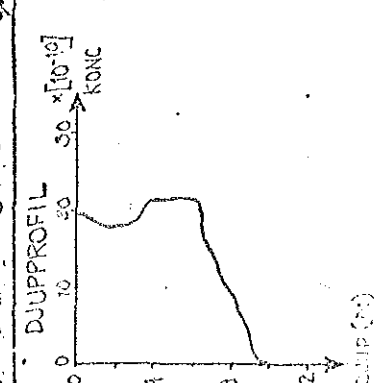
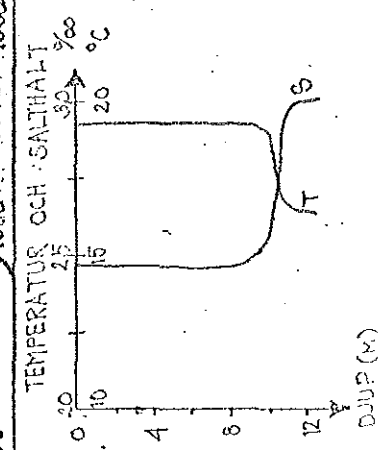
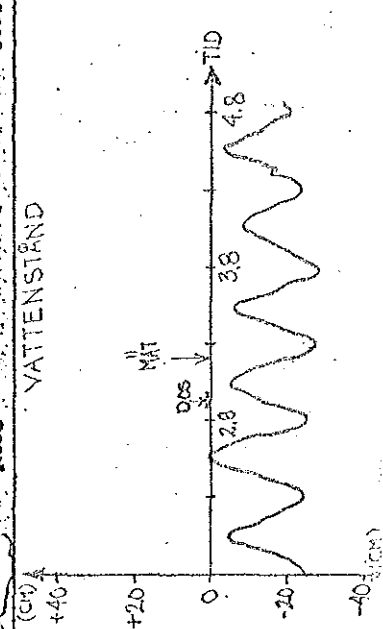


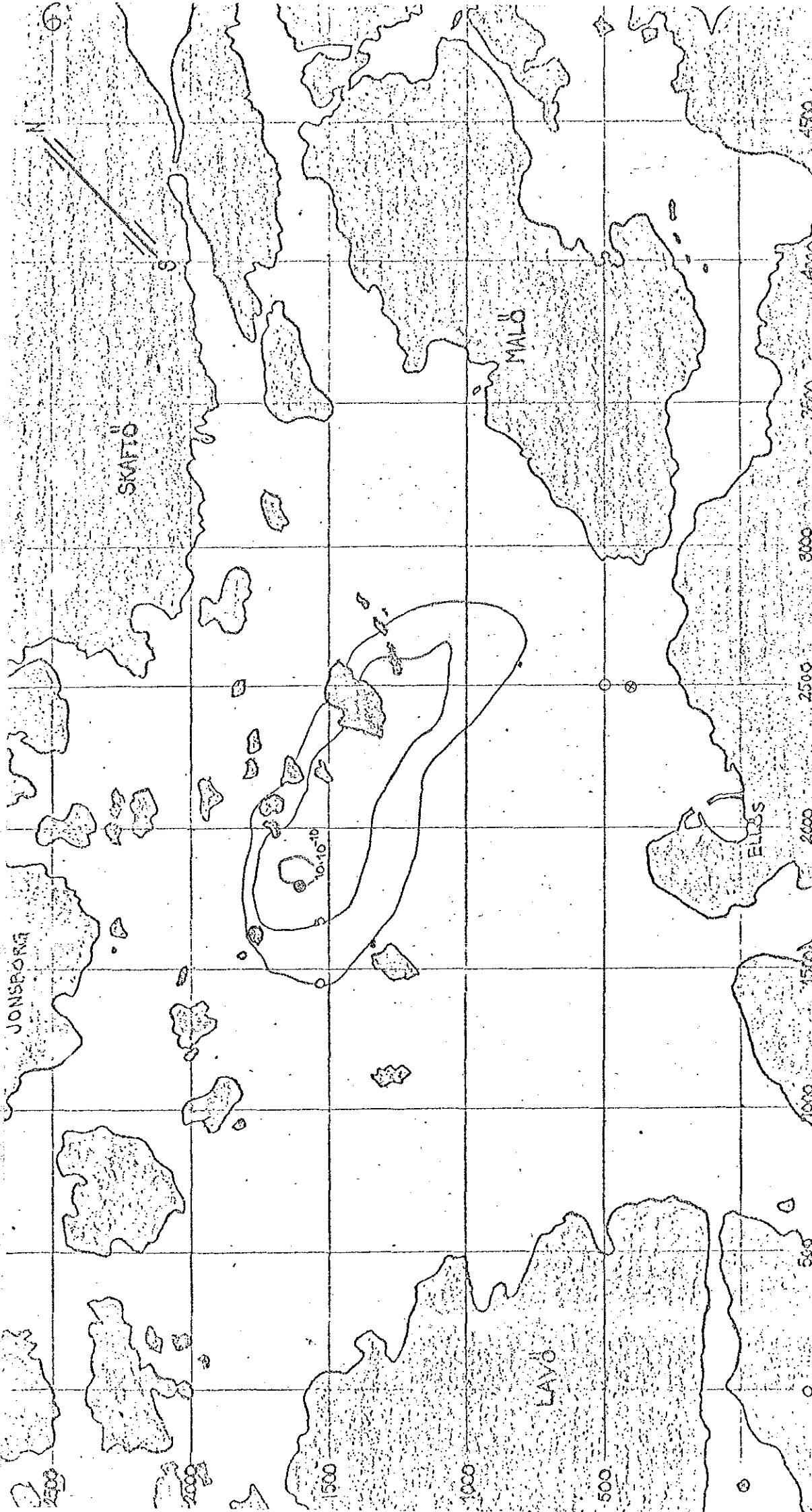




DATUM : 2.8.73  
 TIDPUNKT : 08.30  
 MÄTDJUP : 1 M  
 INMÄTT MÄNGD : 5.50 L  
 DOSERAD MÄNGD : 5.70 L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN  
 I UTSLÄPPT VATTEN : 3.10<sup>-1</sup>

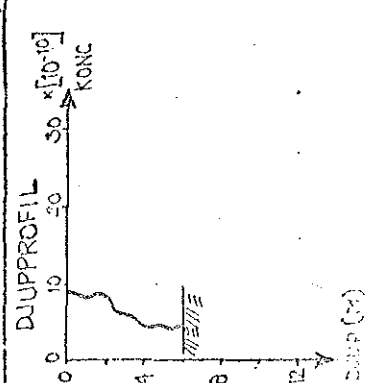
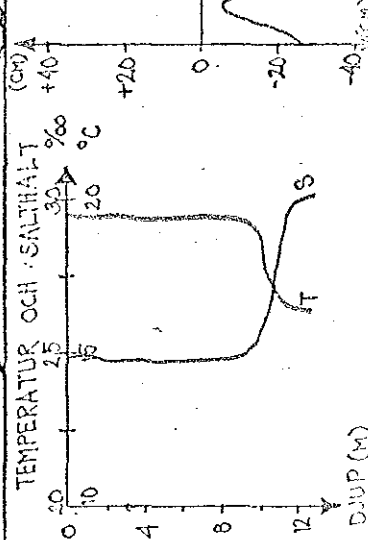
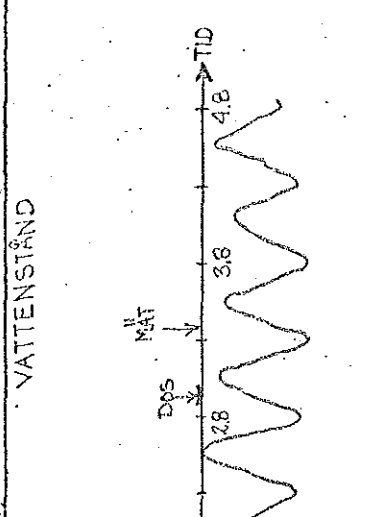
VINDSTYRKA : 7 M/S  
 VINDRIKTNING : VSV

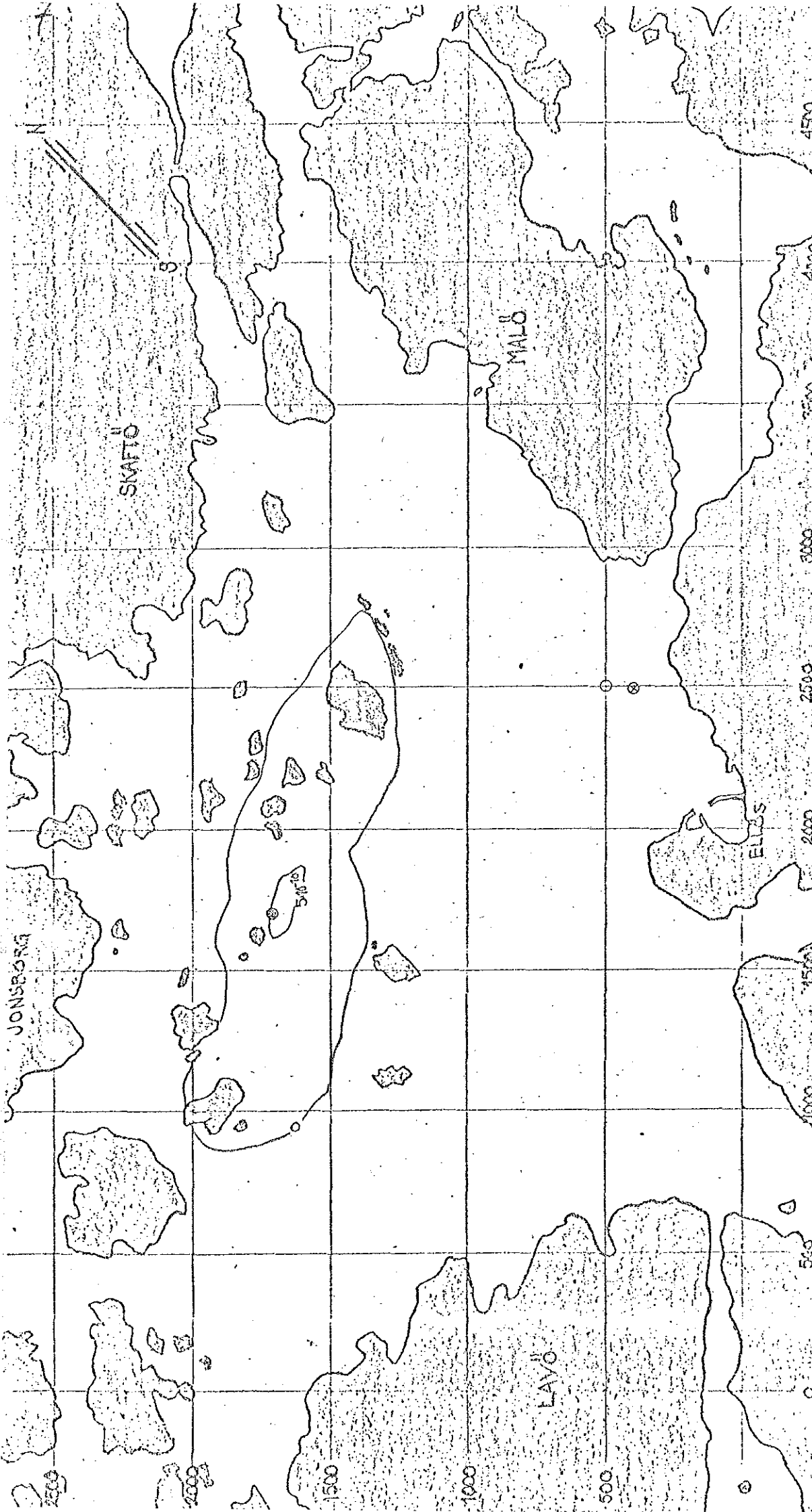




DATUM : 2.8.73  
 TIDPUNKT : 18.30  
 MÄTDJUP : 1 M  
 INMÄTT MÄNGD : 2,34 L  
 DOSERAD MÄNGD : 570 L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN  
 I UTSLÄPPT VATTEN : 3,10 g

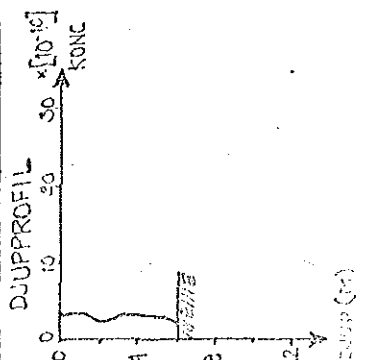
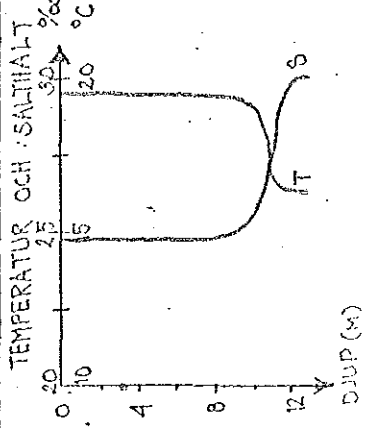
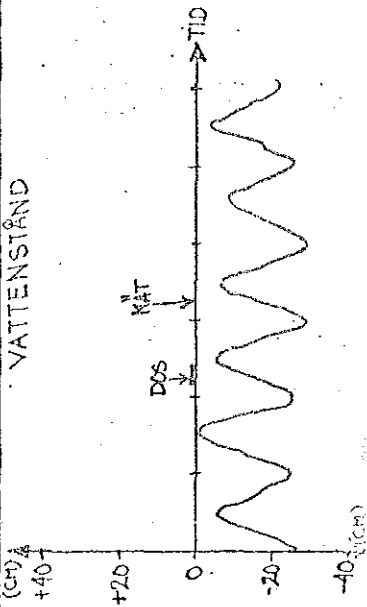
VINDSTYRKA : 4 M/S  
 VINDRIKTNING : S





DATUM : 2.8.73  
 TIDPUNKT : 14.30  
 MÄTDJUP : 1 M  
 INMÄTT MÄNGD : 1.49 L  
 DOSERAD MÄNGD : 5.70 L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN  
 I UTSLÄPPT VATTEN : 3.10<sup>-4</sup>

VINDSTYRKA : 5 M/S  
 VINDRIKTNING : S

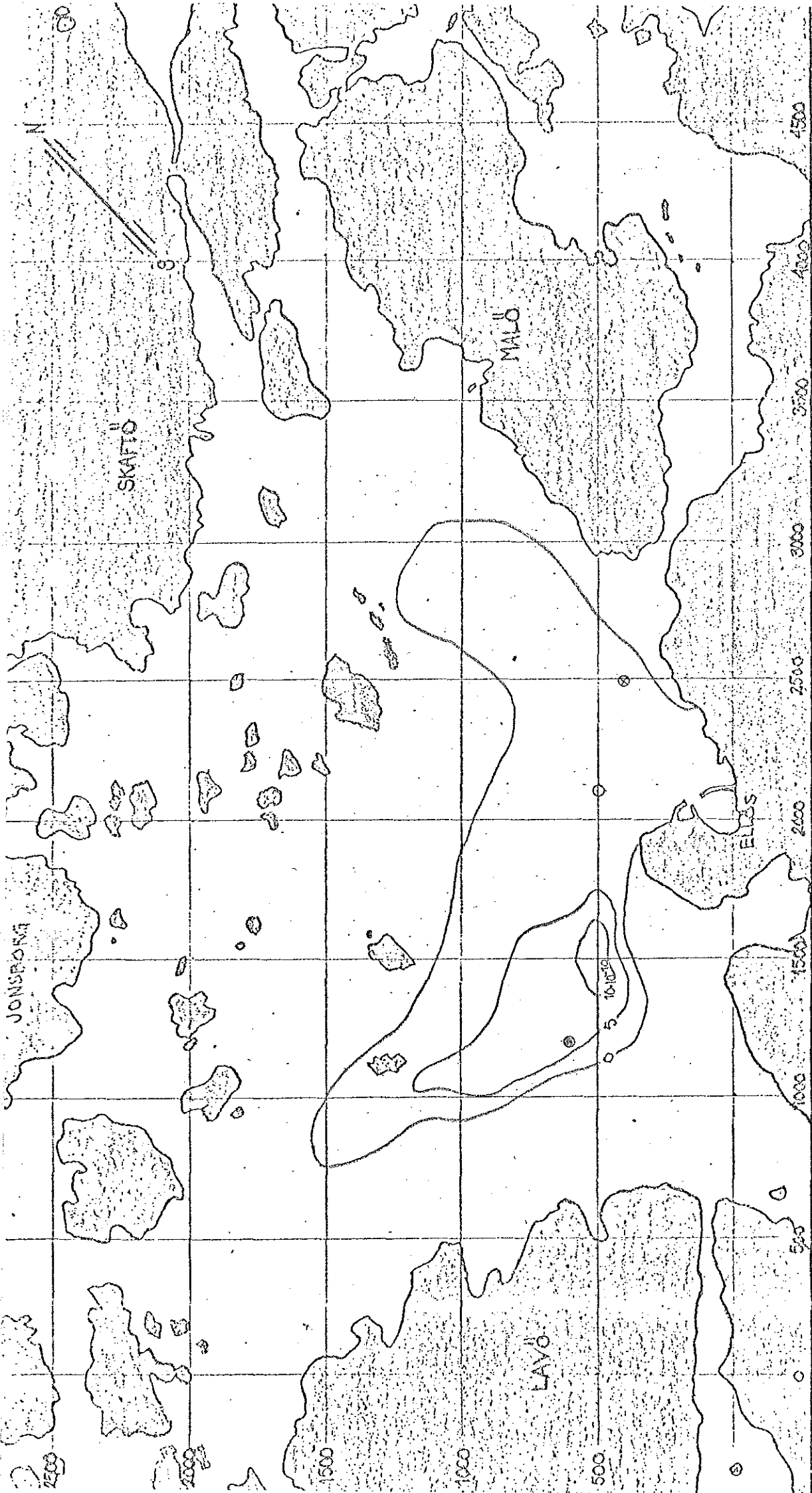


#### 7.4 Dosering 3

Typ av dosering: Kontinuerlig djupdosering  
Utsläppsplats: Punkt A  
Doseringstid: 73-08-06 kl. 19.15 - 73-08-07 kl. 00.55  
Antal inmätningar: 3 st


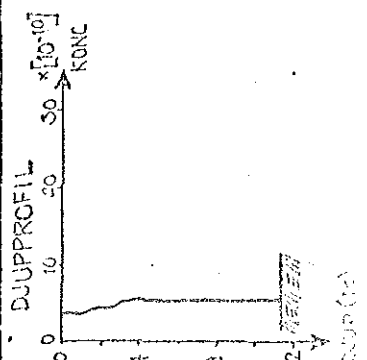
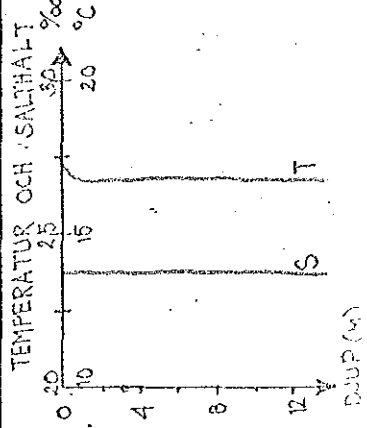
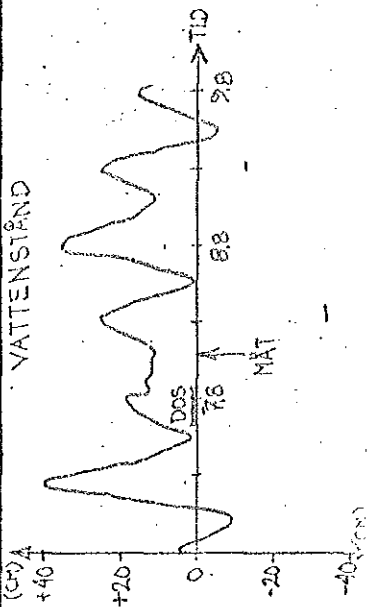
#### Kommentar

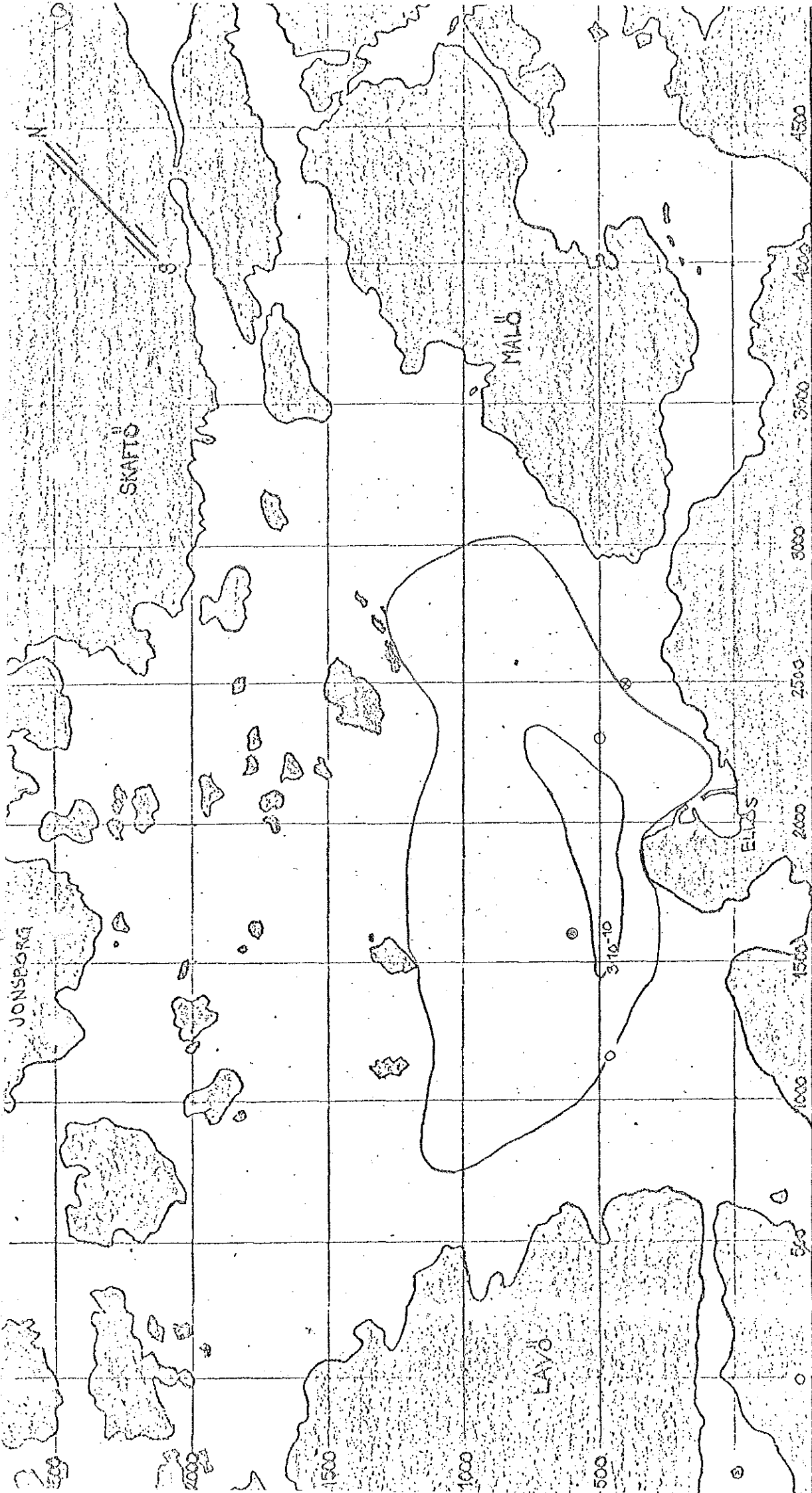
P. g. a. den starka blåsten dagarna före och även under doseringen var vattnet i fjorden så välblandat, att inget språngskikt förelåg. Doseringen skedde vid stigande vattenstånd samtidigt som vinden var sydvästlig med en styrka av 17 m/s. Trots detta spreds rodaminmolnet till en början utåt fjorden mot vindriktningen. Vi kunde redan vid 21-tiden kvällen den 6:e se ett rödfärgat stråk, ungefär 40 x 150 m, som sträckte sig från utsläppet mot S. V. Av den första inmätningen att döma har dock rodaminmolnet dragits med mot Malös västra sida av en inåtgående ström. Den utåtgående strömmen under doseringens början kan ha sin förklaring i att det under dagen varit ett extremt högt vattenstånd, och att överskottsvattnet fortfarande höll på att pressas ut. Under själva inmätningen sammanföll molnets rörelser väl med av tidvattnet beroende inåtgående respektive utåtgående ström, samtidigt som det expanderade och följaktligen spädades ut mer och mer.



DATUM : 7.8.73  
 TIDPUNKT : 07:00  
 MÄTDJUP : 4 M  
 INMÄTT MÄNGD : 4.73 L  
 DOSERAD MÄNGD : 4.82 L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN  
 I UTSLÄPPT VATTEN : 12.10<sup>10</sup>

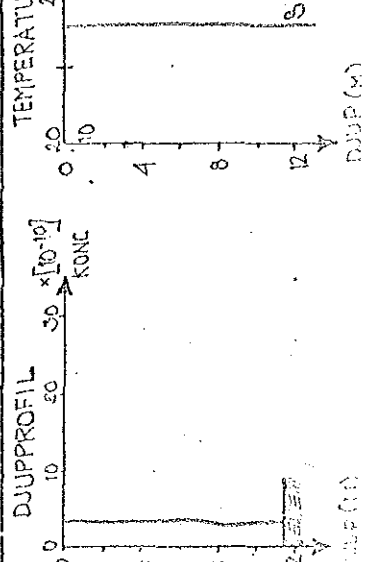
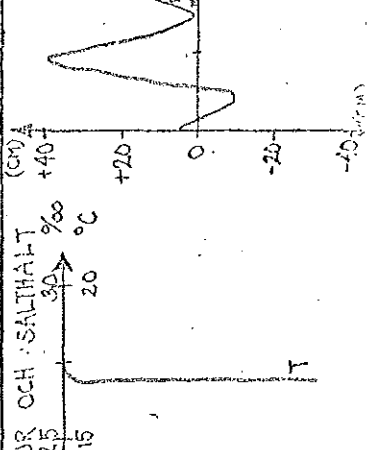
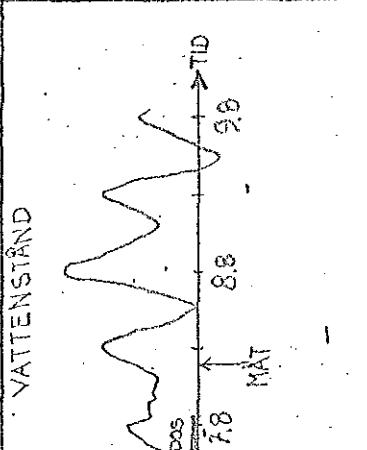
VINDSTYRKA : 17 M/S  
 VINDRIKTNING : VSV

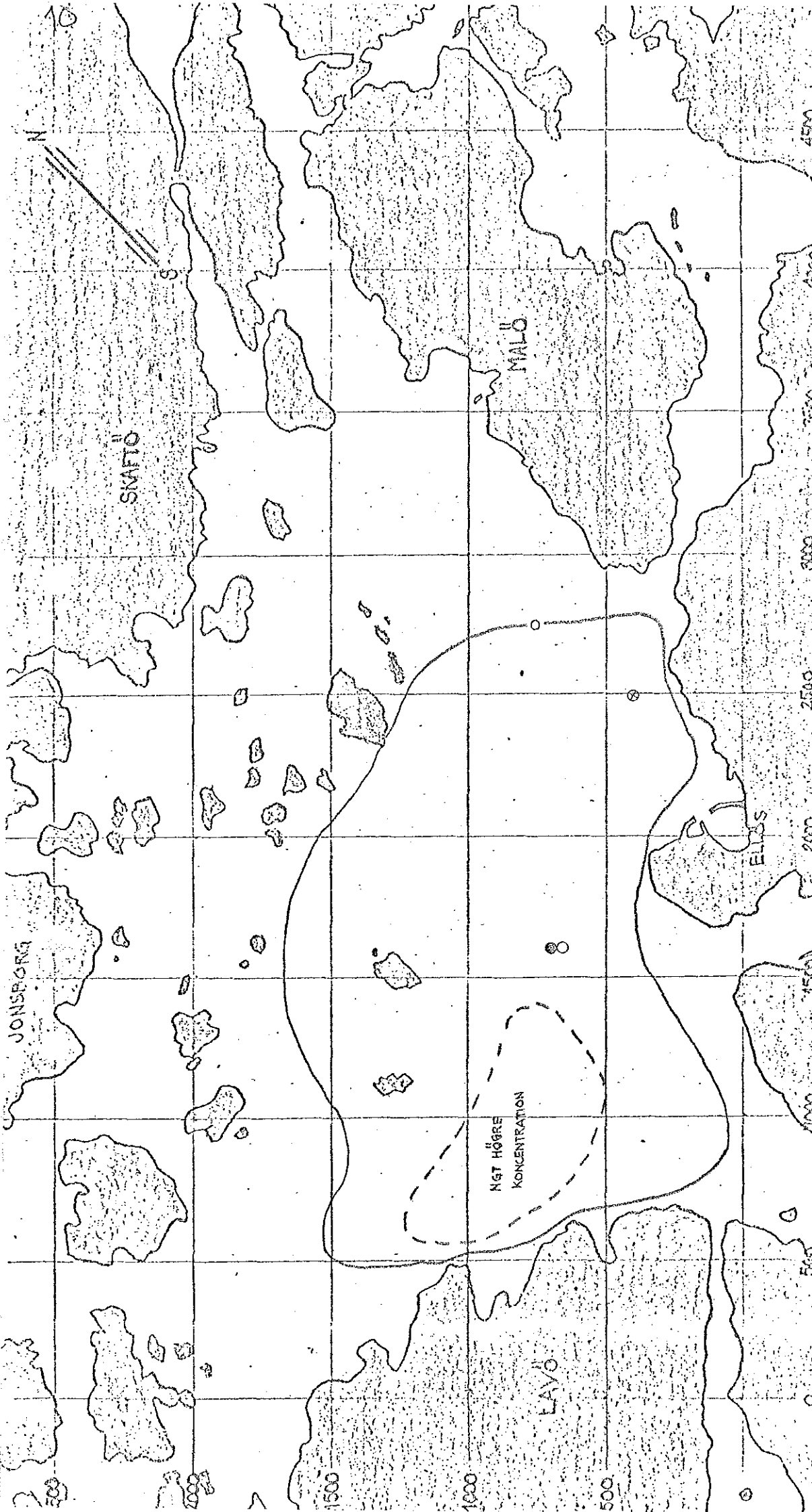





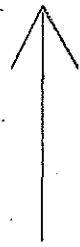
DATUM : 7.8.73  
 TIDPUNKT : 0900  
 MÄTJUUP : 4 M  
 INMÄTT MÄNGD : 380 L  
 DOSERAD MÄNGD : 4,82 L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN  
 I UTSLÄPPT VATTEN : 1,2 MG/L

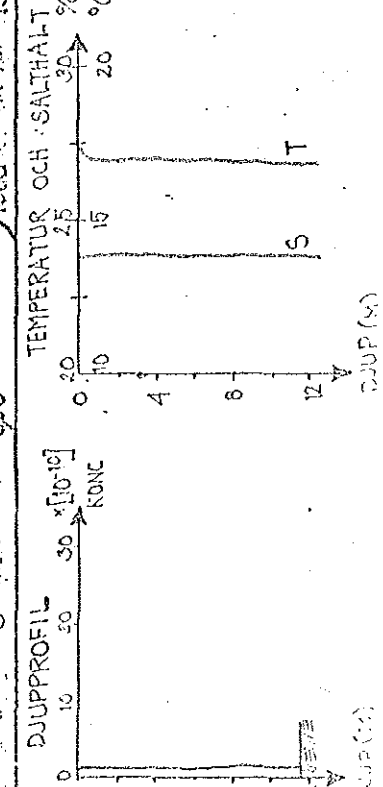
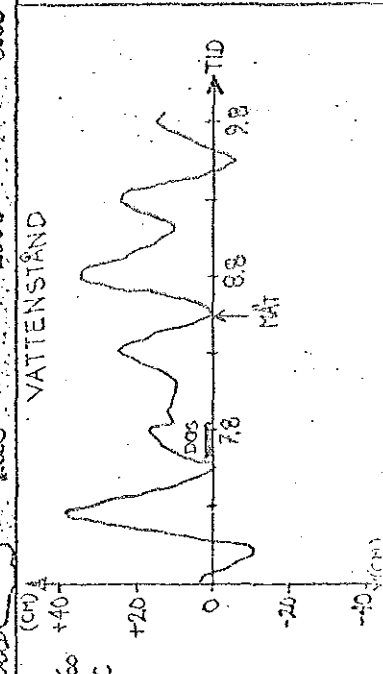
VINDSTYRKA : 17 MS  
 VINDRIKTNING : VSV





DATUM : 7.8.73  
 TIDPUNKT : 16.00  
 MÄTDJUP : 4 M  
 INMÄTT MÄNGD : 2.47 L  
 DOSERAD MÄNGD : 4.82 L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN  
 I UTSLÄPPT VATTEN : 12.10<sup>6</sup> L

VIND  
  
 VINDSTYRKA : 9 M/S  
 VINDRIKTNING : SV



#### 7.5 Dosering 4

Typ av dosering: Kontinuerlig djupdosering  
Utsläppsplats: Punkt A  
Doseringstid: 73.08.09 kl. 20.05 - 73.08.10 kl. 02.00  
Antal inmätningar: 3 st

#### Kommentar

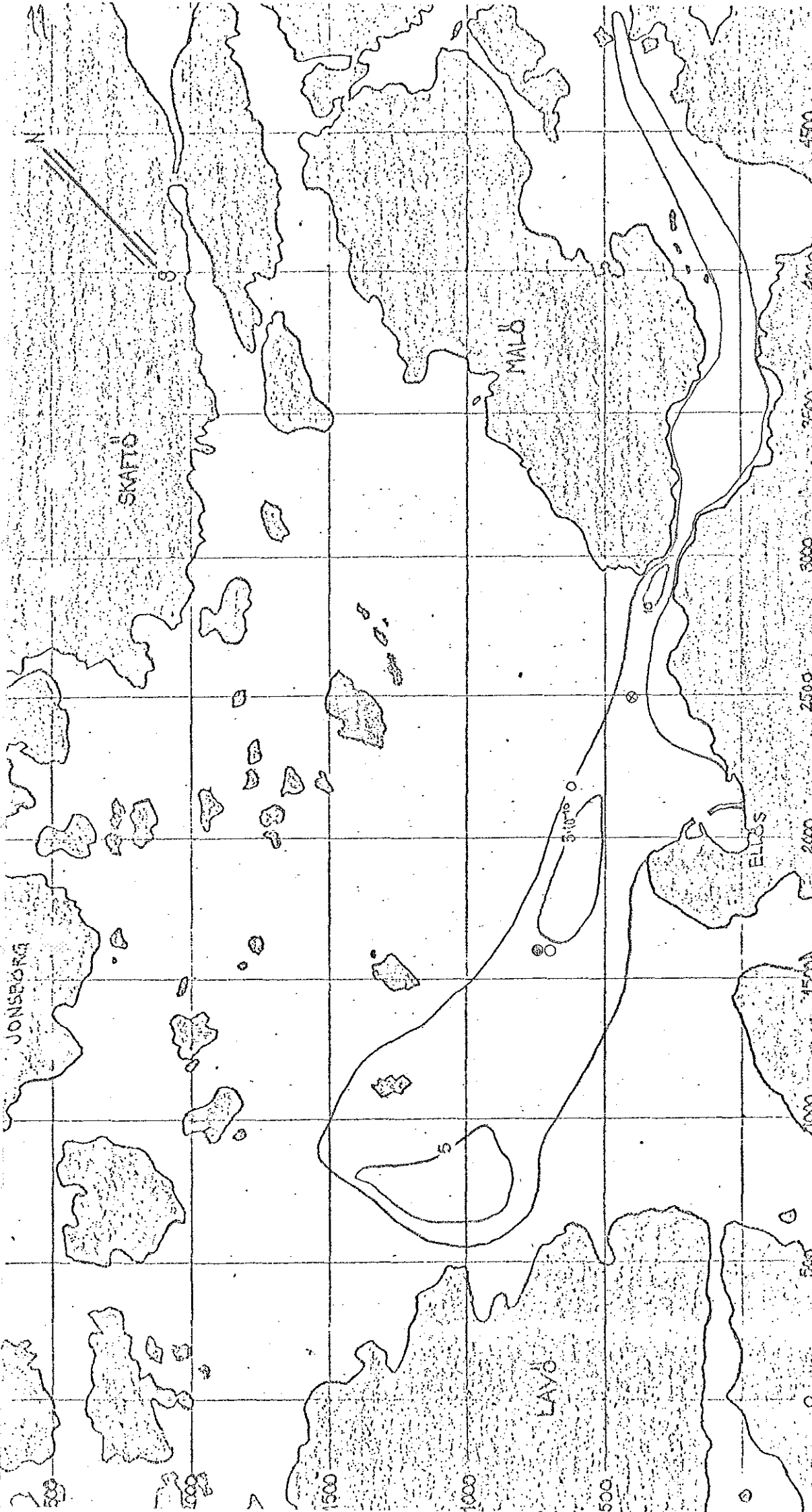
Under doseringen steg tidvattnet ovanligt mycket - c:a 50 cm mot normalt c:a 25 cm. Detta verkar ha givit till följd en kraftig inström genom Malö strömmar. Denna inström förde, vilket den första inmätningen visar, in rodaminmolnet i Malö strömmar för första gången under våra försök.

Utströmmen gick i likhet med den 30.7 nära Orustsidan av fjorden men denna gång med större hastighet, vilket medförde en snabb utbredning av rodaminmolnet i fjordens längdriktning.

Då inströmmen åter satte, försköts molnet mera norrut än under natten. Istället för att som då gå in i Malö strömmar utbredde sig molnet mot Malös västsida, samtidigt som strömrörelserna var mindre markerade än tidigare (tidvattnet steg nu endast c:a 35 cm).

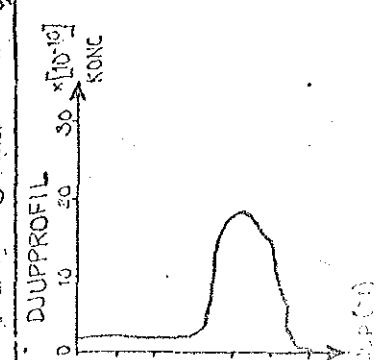
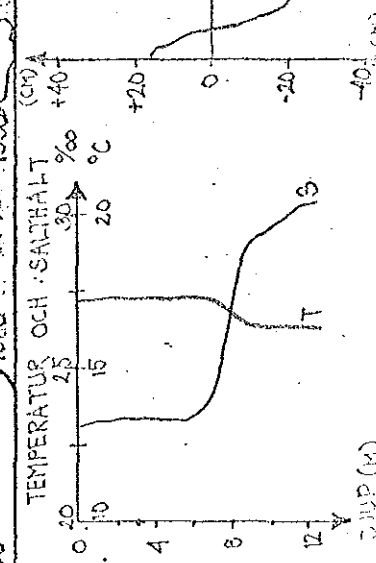
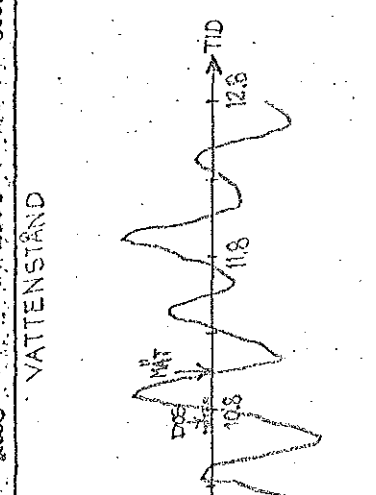
Vid denna dosering inlagrades rodaminet i språngskiktet, dvs. på 7-10 m:s djup, och därunder. En mindre del passerade dock språngskiktet och blandades med den ovanförliggande vattenvolymen. Detta beror på turbulensen i vattnet, som ger upphov till ett vattenutbyte med språngskiktet. Under dagen sjönk språngskiktet samtidigt som det blev mer markerat.

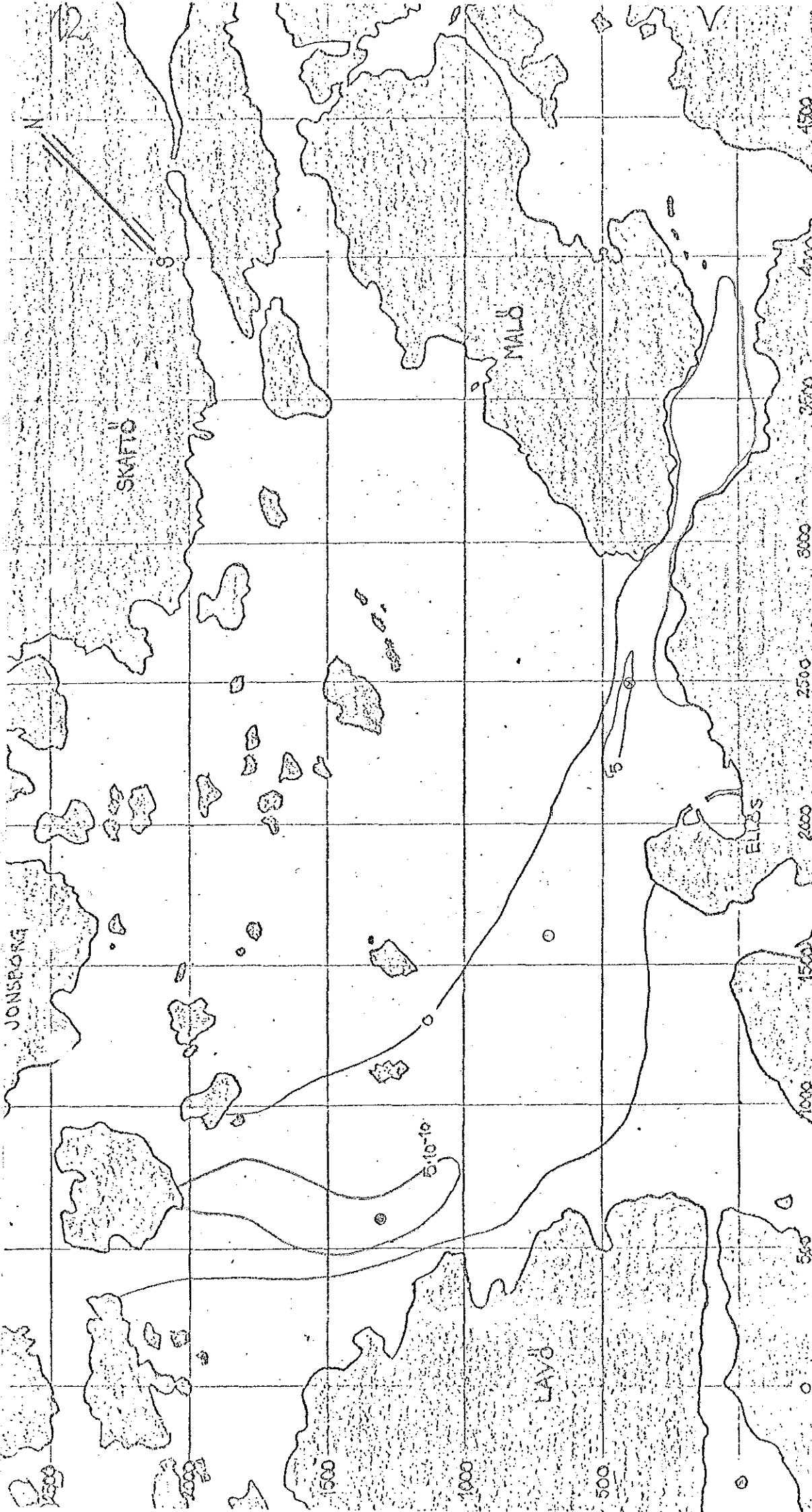




DATUM : 10.8.73  
 TIDPUNKT : 06.00  
 MÄTDJUP : 7 M  
 INMÄTT MÄNGD : 4,53 L  
 DOSERAD MÄNGD : 4,88 L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN  
 I UTSLÄPPT VATTEN : 15,10<sup>-1</sup>

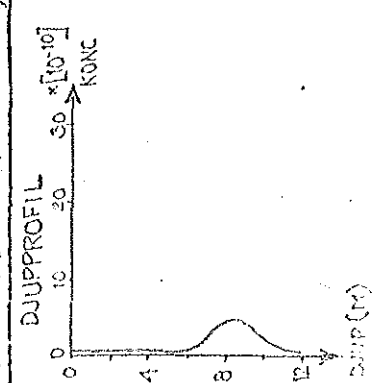
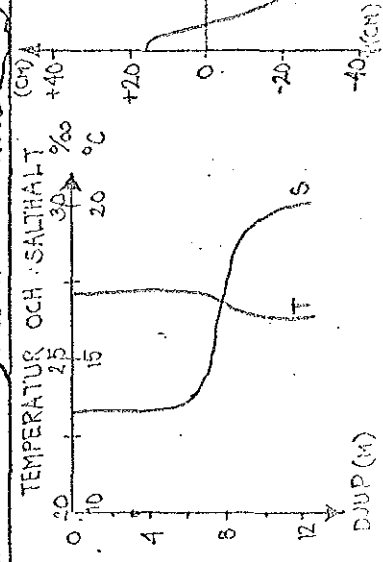
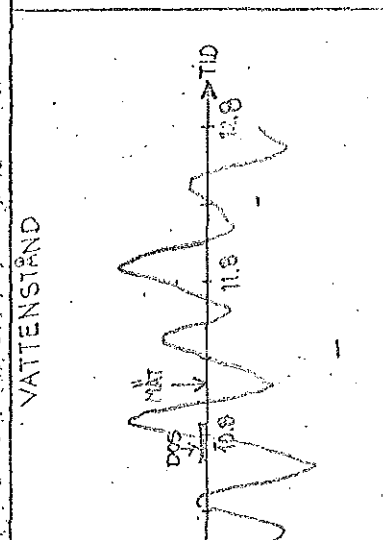
VINDSTYRKA : 14 M/S  
 VINDRIKTNING : SSV

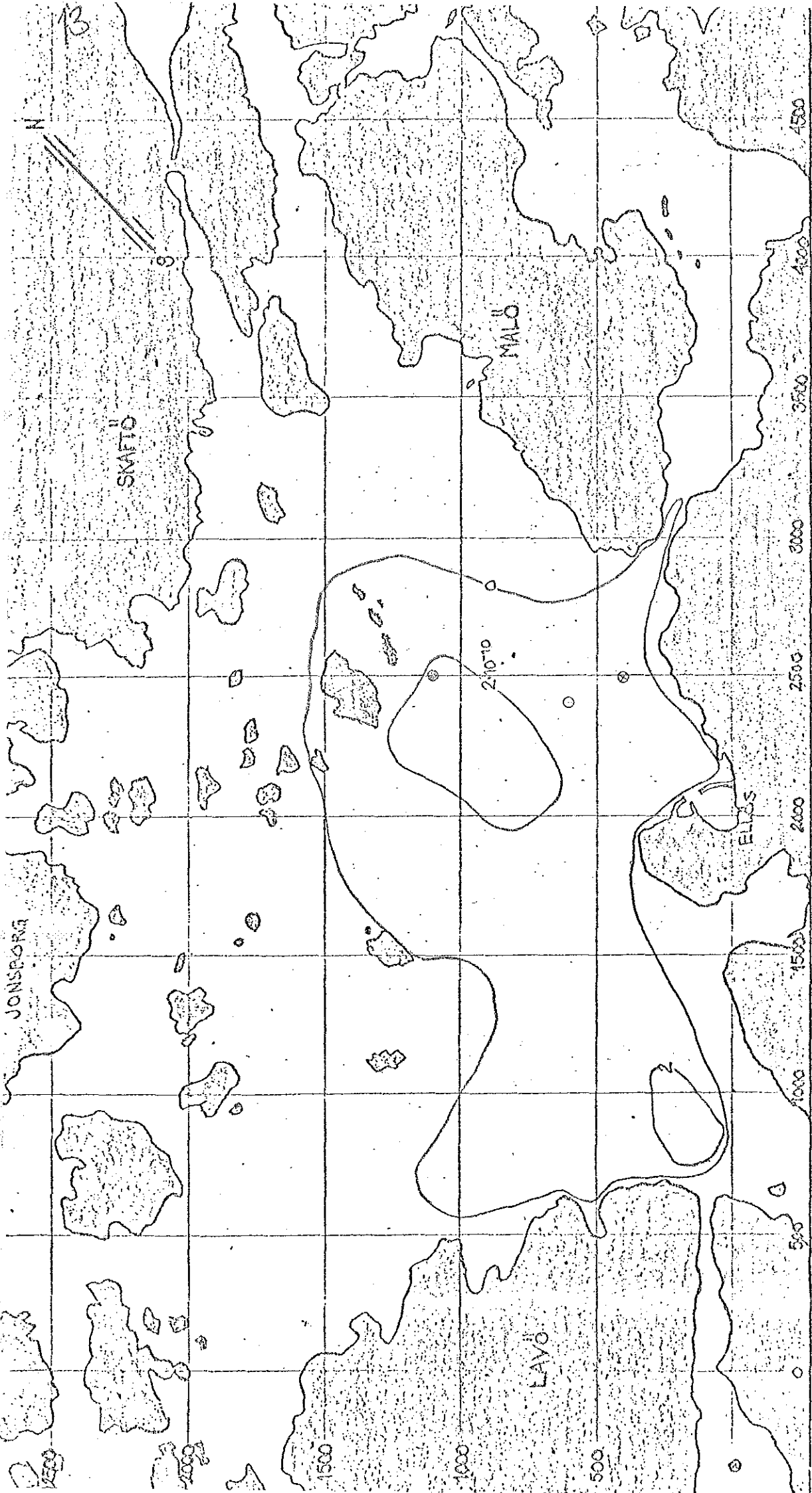




DATUM : 10.8.73  
 TIDPUNKT : 0730  
 MÄTDJUP : 7 F  
 INMÄTT MÄNGD : 4.30 L  
 DOSERAD MÄNGD : 4.88 L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN  
 I UTSLÄPPT VATTEN : 15.10

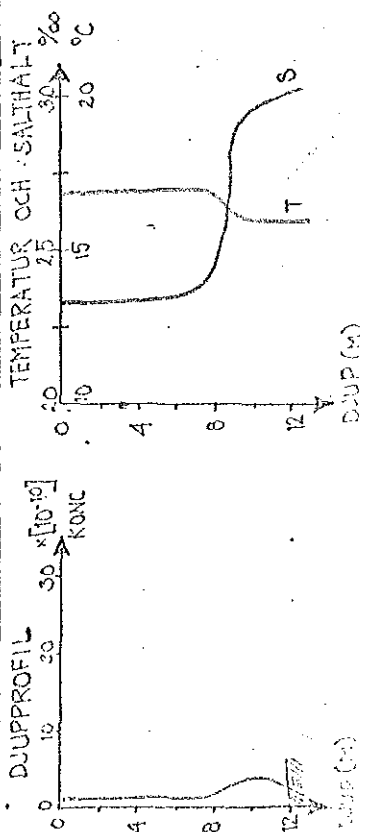
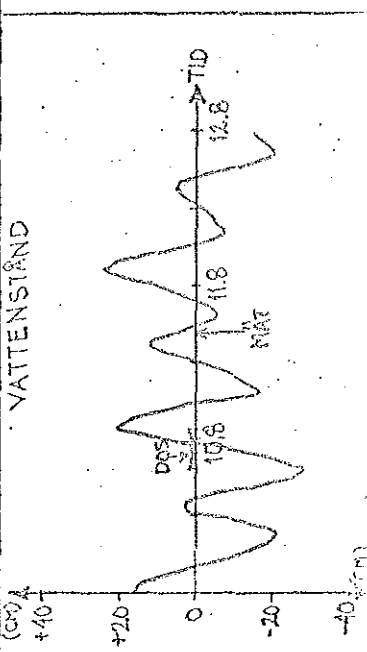
VIND  
  
 VINDSTYRKA : 14 M/S  
 VINDRIKTNING : SSV





DATUM : 10.8.73  
 TIDPUNKT : 16.30  
 MÄTDJUP : 5 M  
 INMÄTT MÄNGD : 2.75 L  
 DOSERAD MÄNGD : 4.88 L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN  
 I UTSLÄPPT VATTEN : 15.10

VINDSTYRKA : 15 M/S  
 VINDRIKTNING : VSV



## 7.6 Dosering 5

Typ av dosering: Kontinuerlig djupdosering  
Utsläppsplats: Punkt B  
Doseringstid: 73.08.13 kl. 23.35 - 73.08.14 kl. 05.25  
Antal inmätningar: 4 st

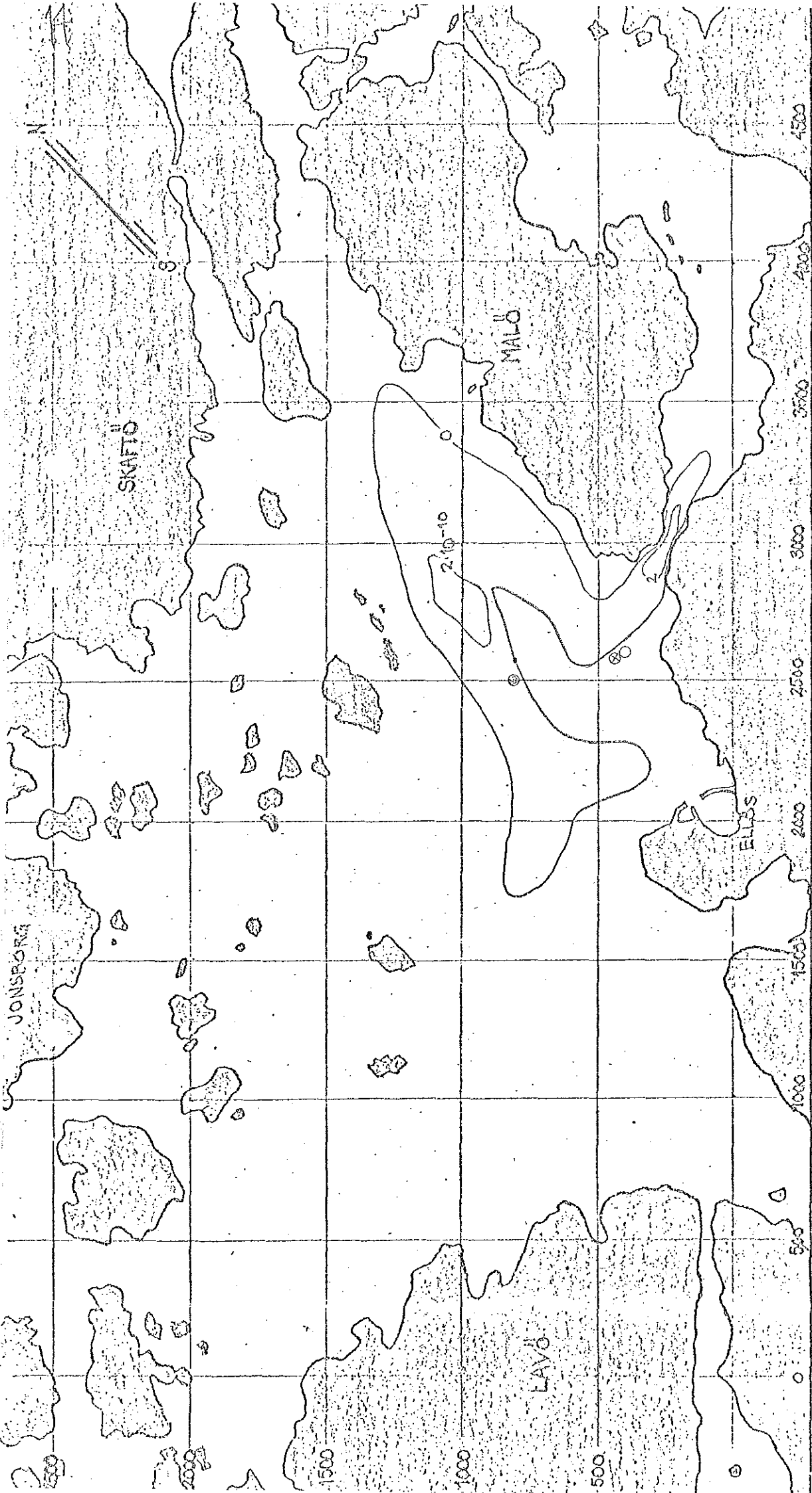
### Kommentar

Vi doserade denna gång 7,5 l rodamin, men lyckades inte mäta in mer än c:a 0,7 l. Det försvann m. a. o. c:a 6,8 l rodamin. Vi kunde inte, trots idogt eftersökande, spåra det försvunna rodaminet i fjorden, så det måste ha försvunnit genom läckor i land. Således blir utvärderingen av denna dosering mycket osäker.

Förhållandena vid dosering och inmätning var mycket stabila med svaga vindar, lågt vattenstånd och små tidvattenvariationer. Detta gjorde att strömrörelserna i fjorden var tämligen små. Rodaminmolnet förflyttades följaktligen mycket långsamt. Rodaminet inlagrades i språngskiktet och inget rodamin kunde konstateras i ovanförliggande vattenvolym. Detta indikerar att turbulensen var svag, vilket är naturligt då strömhastigheterna var små.

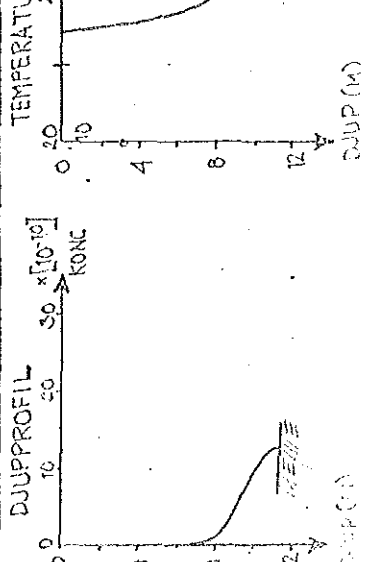
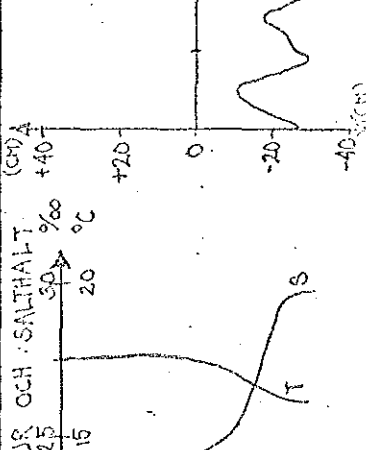
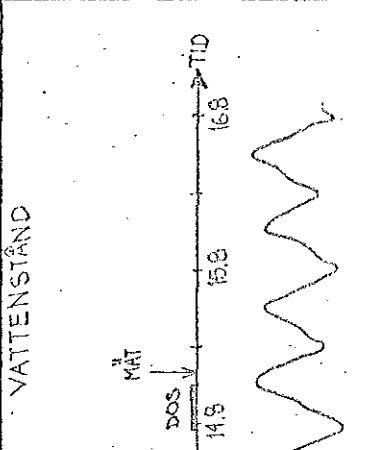
Doseringen skedde som förut på stigande tidvatten och vi fick nu liksom vid dosering 4 in rodamin i Malö strömmar.

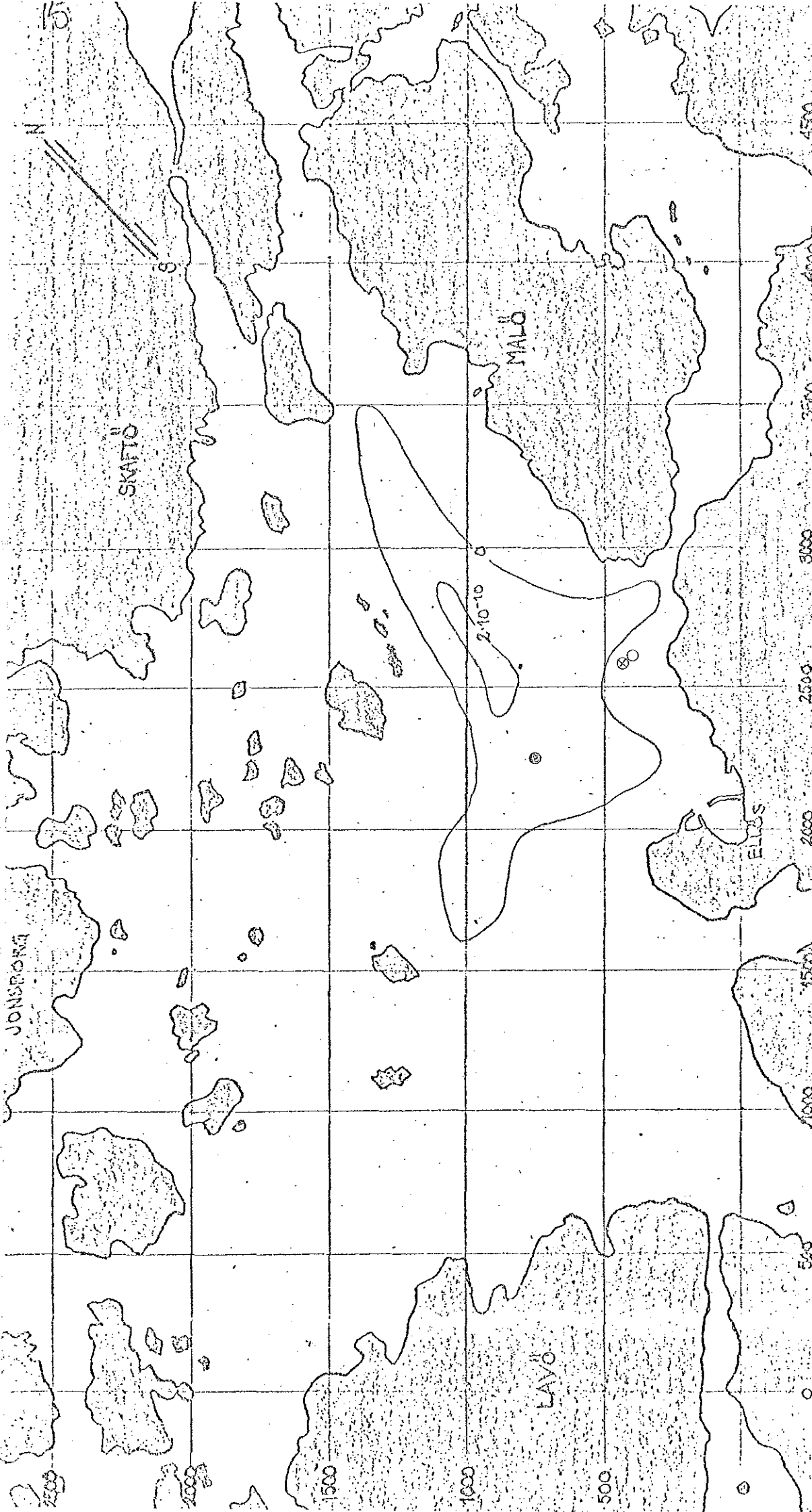
Eftersom utsläppspunkten vid denna dosering är belägen längre åt N. V. i utkanten av, eller möjligen utanför själva "Malöströmmen", har molnets tyngdpunkt förskjutits mot N. V. Notabelt är att rodaminmolnet vid denna dosering ej har kommit in i den bakada vid Ellös samhälle, vilket har skett vid samtliga föregående doseringar.



DATUM : 14.8.73  
 TIDPUNKT : 08.00  
 MÄTDJUP : 6 M  
 INMÄTT MÄNGD : 0,64 L  
 DOSERAD MÄNGD : 750 L  
 RODAMIRKONCENTRATIONEN : 7,20  
 I UTSLÄPPT VATTEN : 7,20

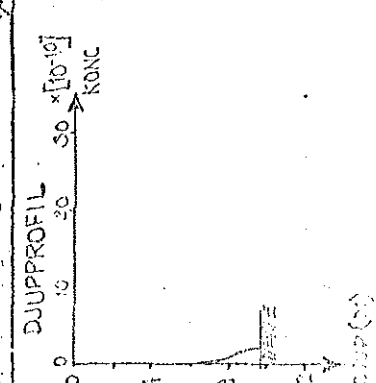
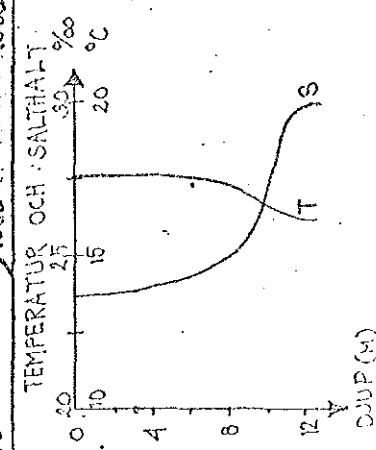
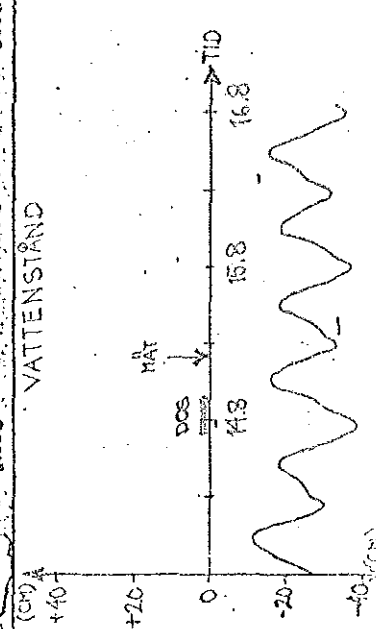
VINDSTYRKA : 6 M/S  
 VINDRIKTNING : SSV

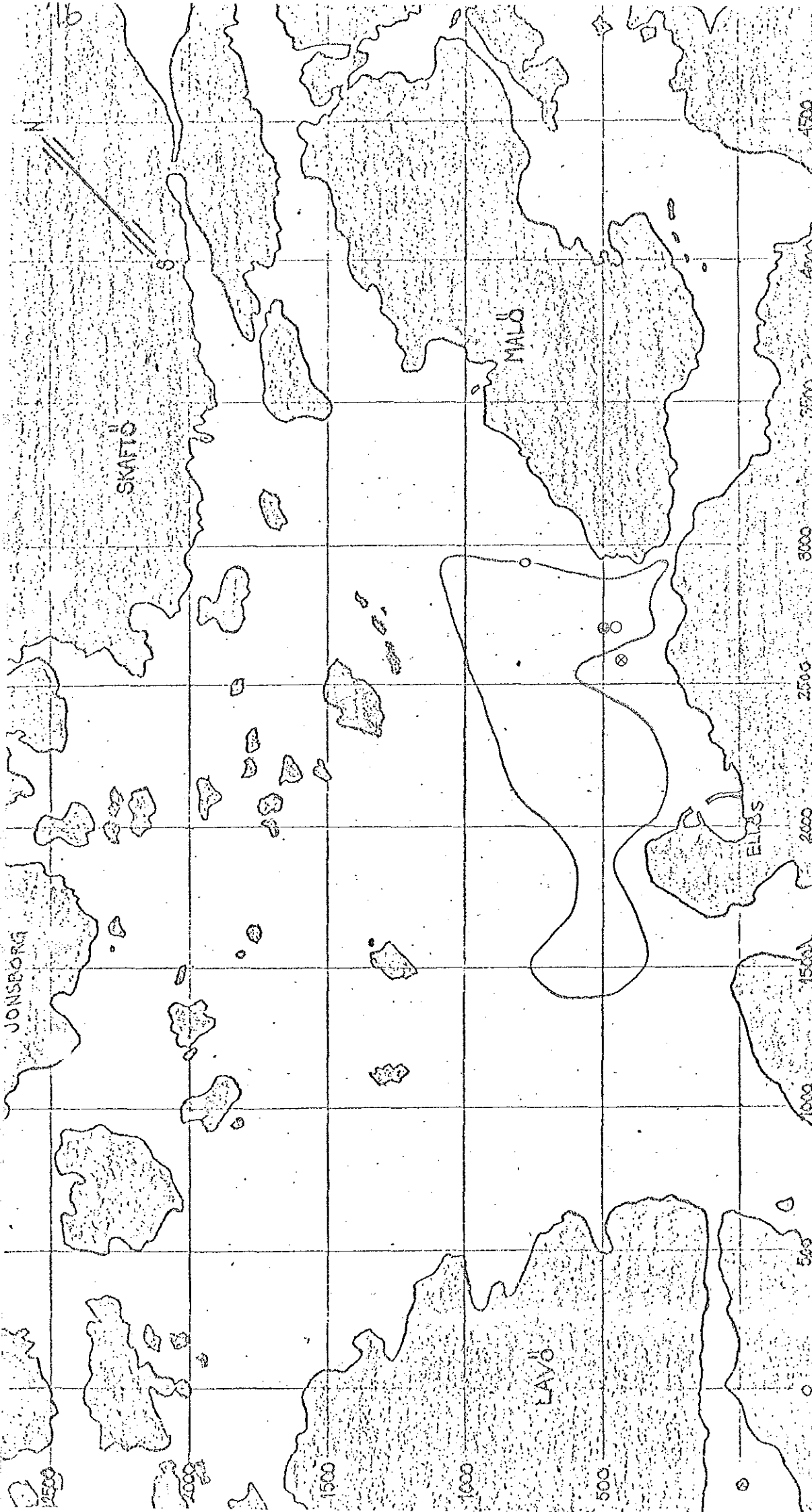




DATUM : 14.8.73  
 TIDPUNKT : 1000  
 MÄTDJUP : 6 M  
 INMÄTT MÄNGD : 0,68 L  
 DOSERAD MÄNGD : 7,50 L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN : 7  
 I UTSLÄPPT VATTEN : 21

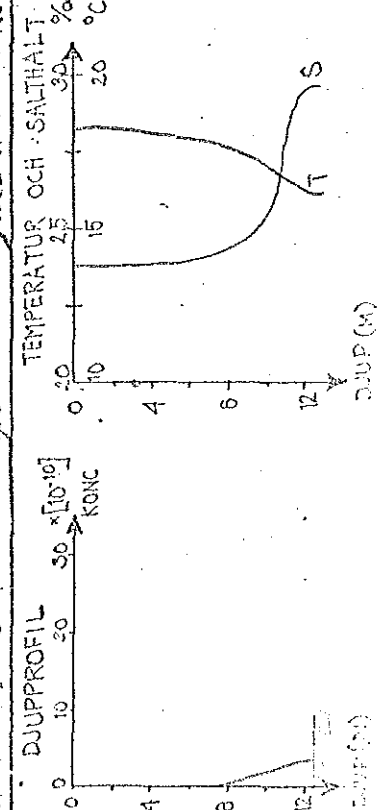
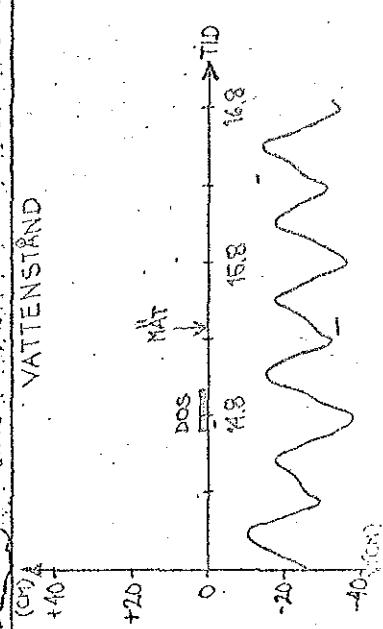
VINDSTYRKA : 5 M/S  
 VINDRIKTNING : SSV

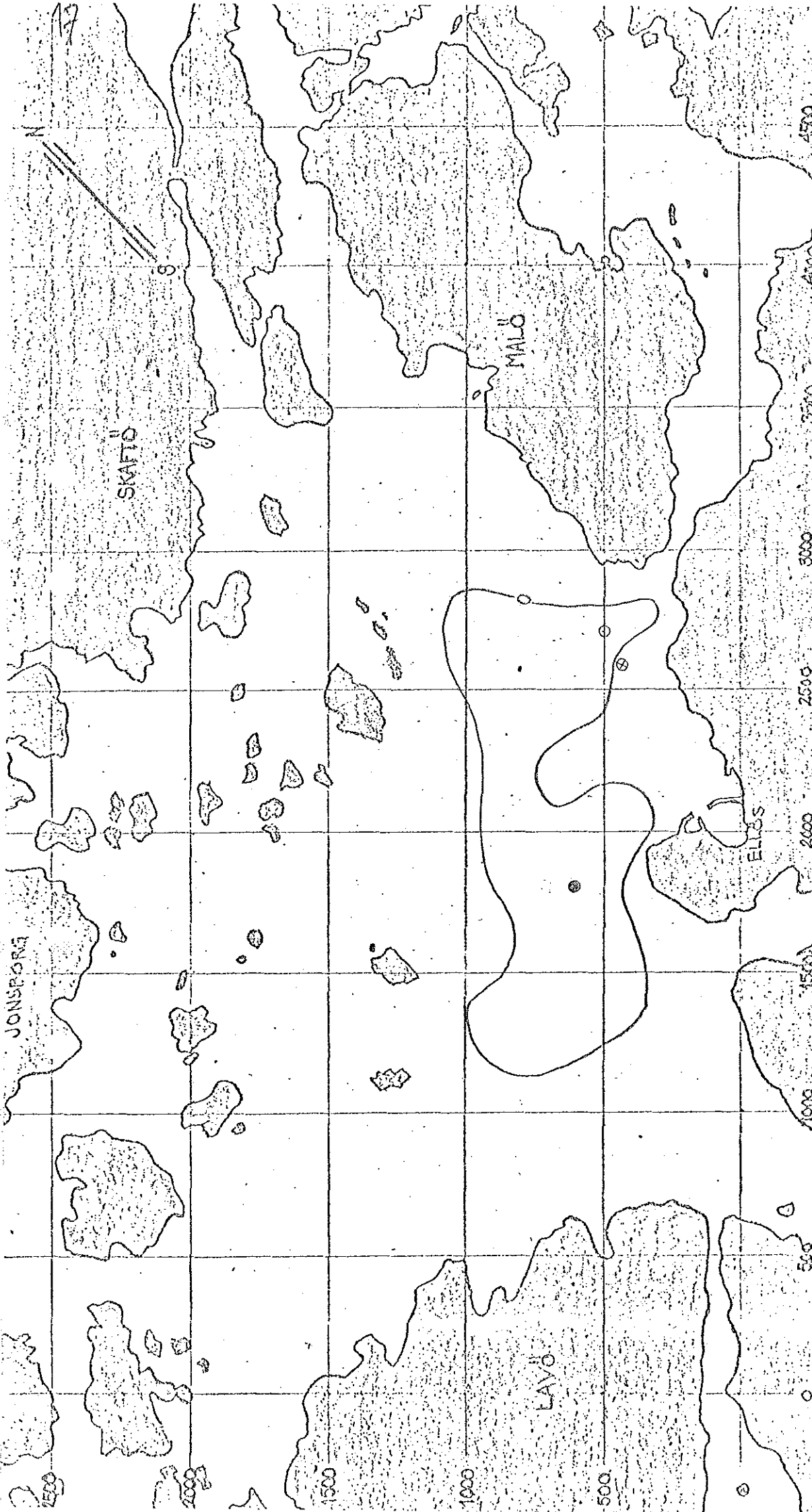




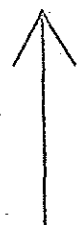
DATUM : 14.8.73  
 TIDPUNKT : 1400  
 MÄTDJUP : 6 M  
 INMÄTT MÄNGD : 0,53 L  
 DOSERAD MÄNGD : 7,50 L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN 7.22  
 I UTSLÄPPT VATTEN :

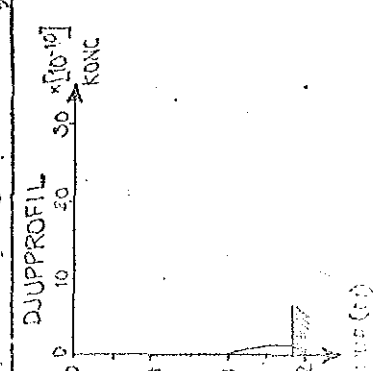
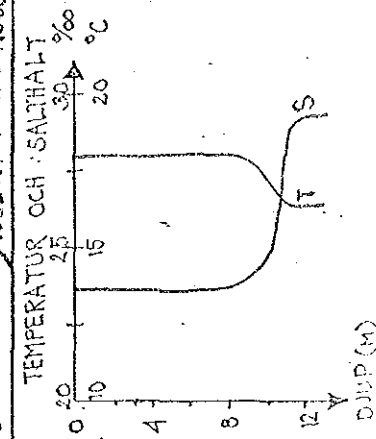
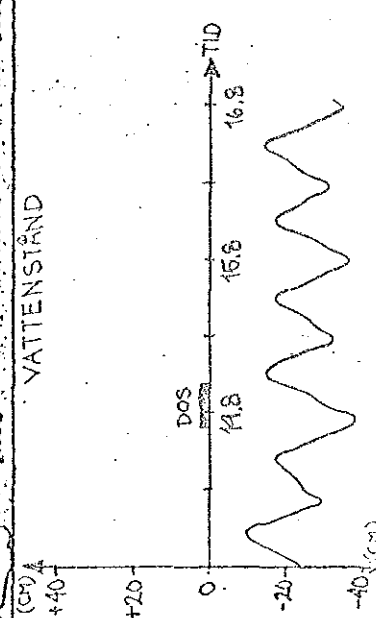
VINDSTYRKA : 5 M/S  
 VINDRIKTNING : SV





DATUM : 14.8.73  
 TIDPUNKT : 16.00  
 MÅTDDJUP : 6 M  
 INMÄTT MÄNGD : 0,44 L  
 DOSERAD MÄNGD : 7,50 L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN :  
 I UTSLÄPPT VATTEN : 23

VIND  
  
 VINDSTYRKA : 4 M/S  
 VINDRIKTNING : SV





### 7.7 Dosering 6

Typ av dosering: Momentan djupdosering  
Utsläppsplats: Punkt B  
Doseringstid: 73.08.16 kl. 08.15  
Antal inmätningar: 4 st

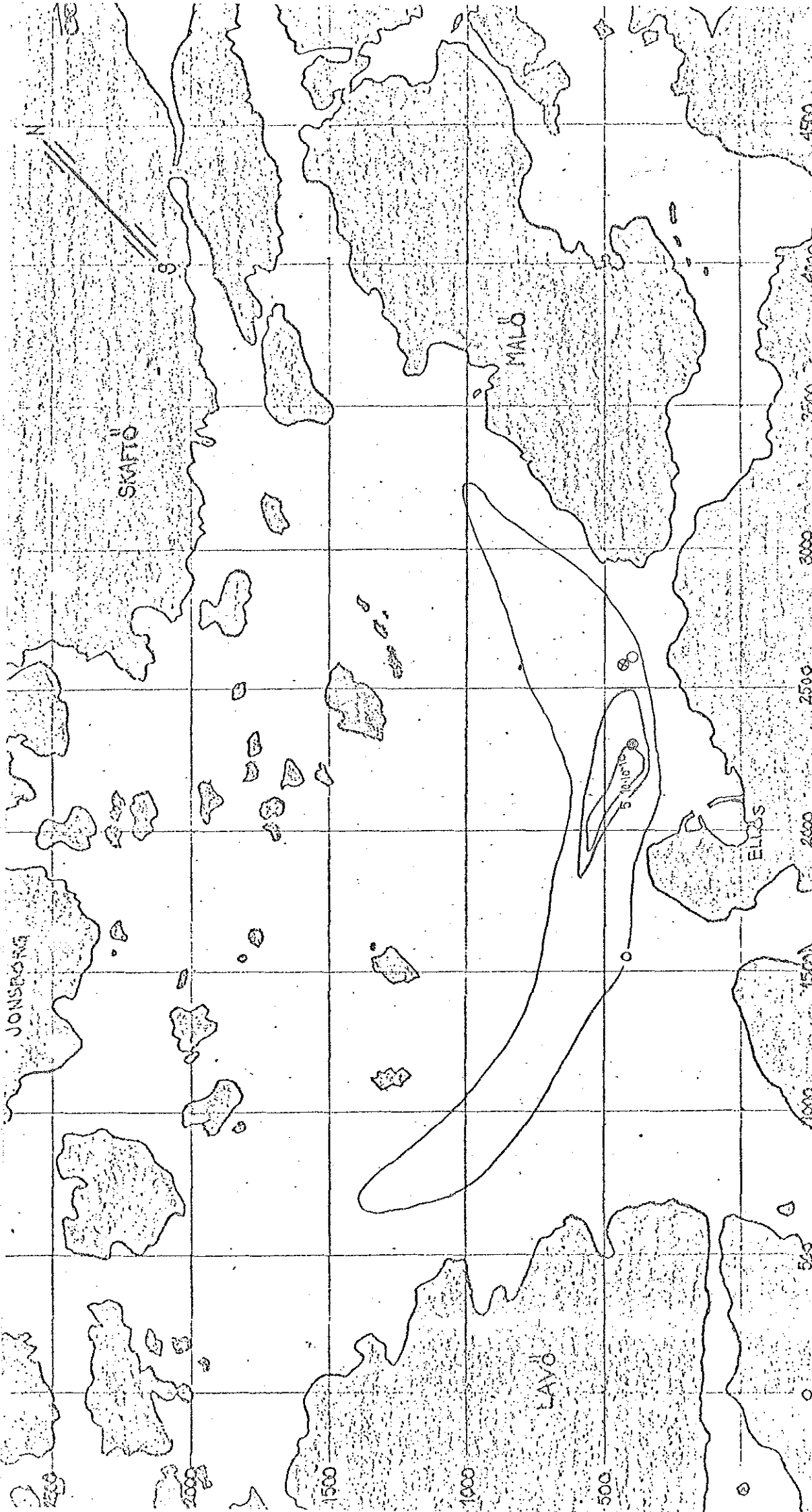
#### Kommentar

P. g. a. alla besvärligheter med utloppsledningen beslöt vi att denna gång utföra doseringen momentant. Med ledning av salinometermätningar utförda den 15:e och 16:e beräknade vi, att inlagringen vid ett verkligt utsläpp under rådande förhållanden skulle ske på c:a 9 m:s djup.

Doseringen skedde till skillnad från de övriga doseringarna på sjunkande vattenstånd. Molnets huvudsakliga spridningsriktning var västlig, men molnet spreds till viss del även norrut, mot Snäckedjupet. Tidvattnets inverkan gjorde sedan, att rodaminmolnet för varje tidvattencykel tånjdes ut, och fick tyngdpunkten förskjuten längre västerut.

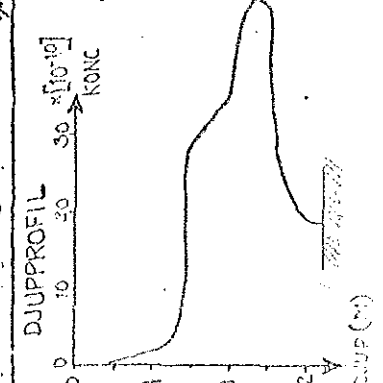
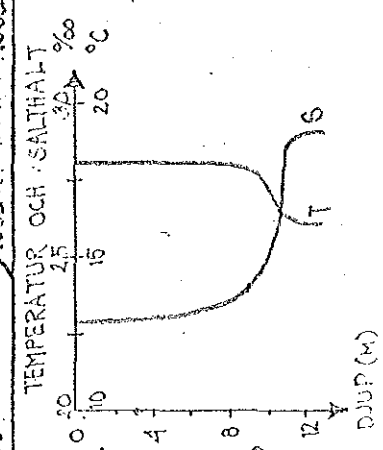
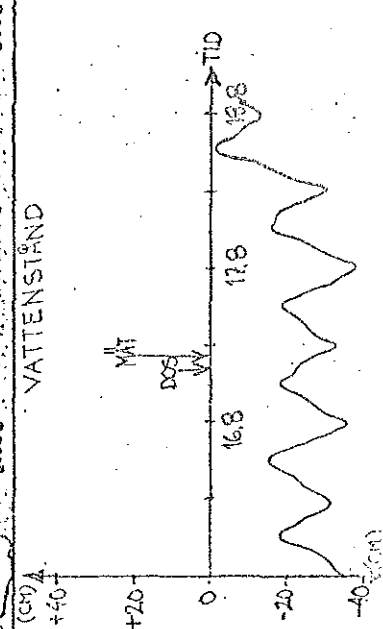
Liksom vid dosering 5 gick rodaminet aldrig in mot Ellös hamn, som det däremot gjort vid doseringarna i punkt A.

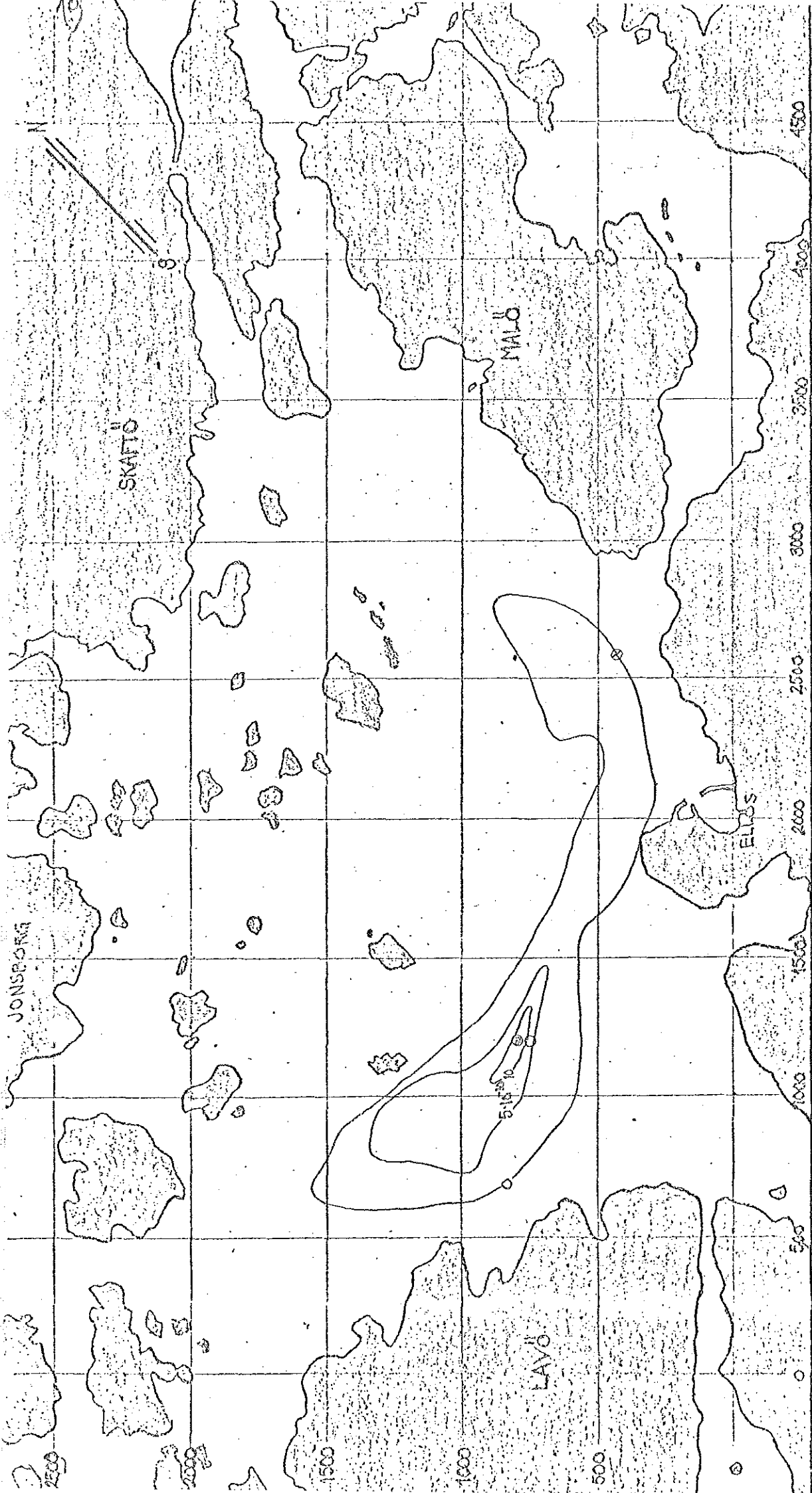
Som djupprofilerna visar går rodaminet ej upp till ytan, trots att koncentrationen av rodamin är störst i språngskiktets överkant. Detta tyder på att turbulensen i området ovanför språngskiktet är svag. Där- emot blandas rodaminet nedåt mot botten, och ligger kvar längst i fjordens djupränna, vilket framgår av den sista inmätningen, där rodamin-koncentrationen på både 7, 5 och 10 m:s djup redovisas.



DATUM : 16.8.73  
 TIDPUNKT : 10.30  
 MÄTDJUP : 8 M  
 INMÄTT MÄNGD : 3,29 L  
 DOSERAD MÄNGD : 3,43 L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN 7,25  
 I UTSLÄPPT VATTEN :

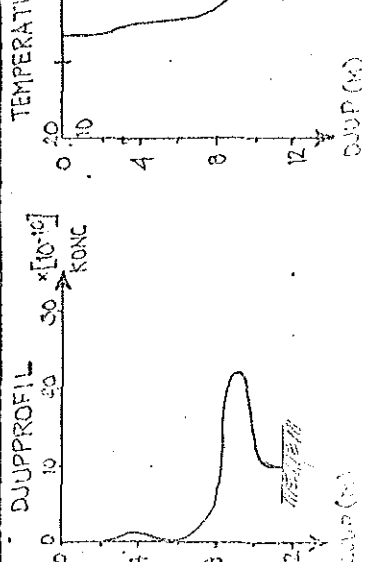
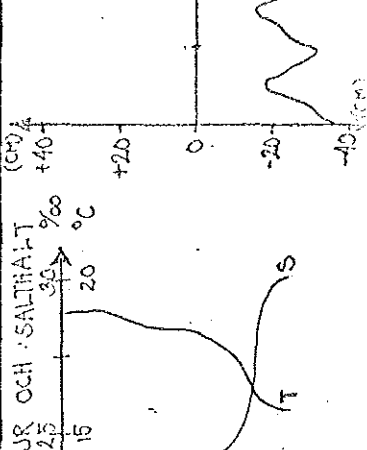
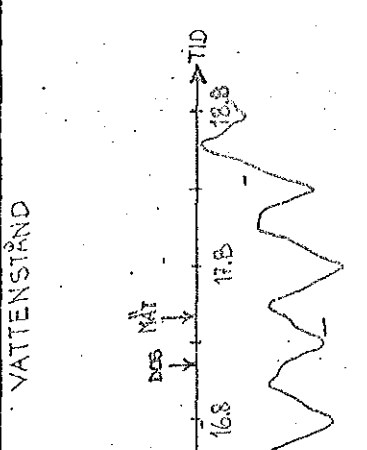
VINDSTYRKA : 5 M/S  
 VINDRIKTNING : SSV

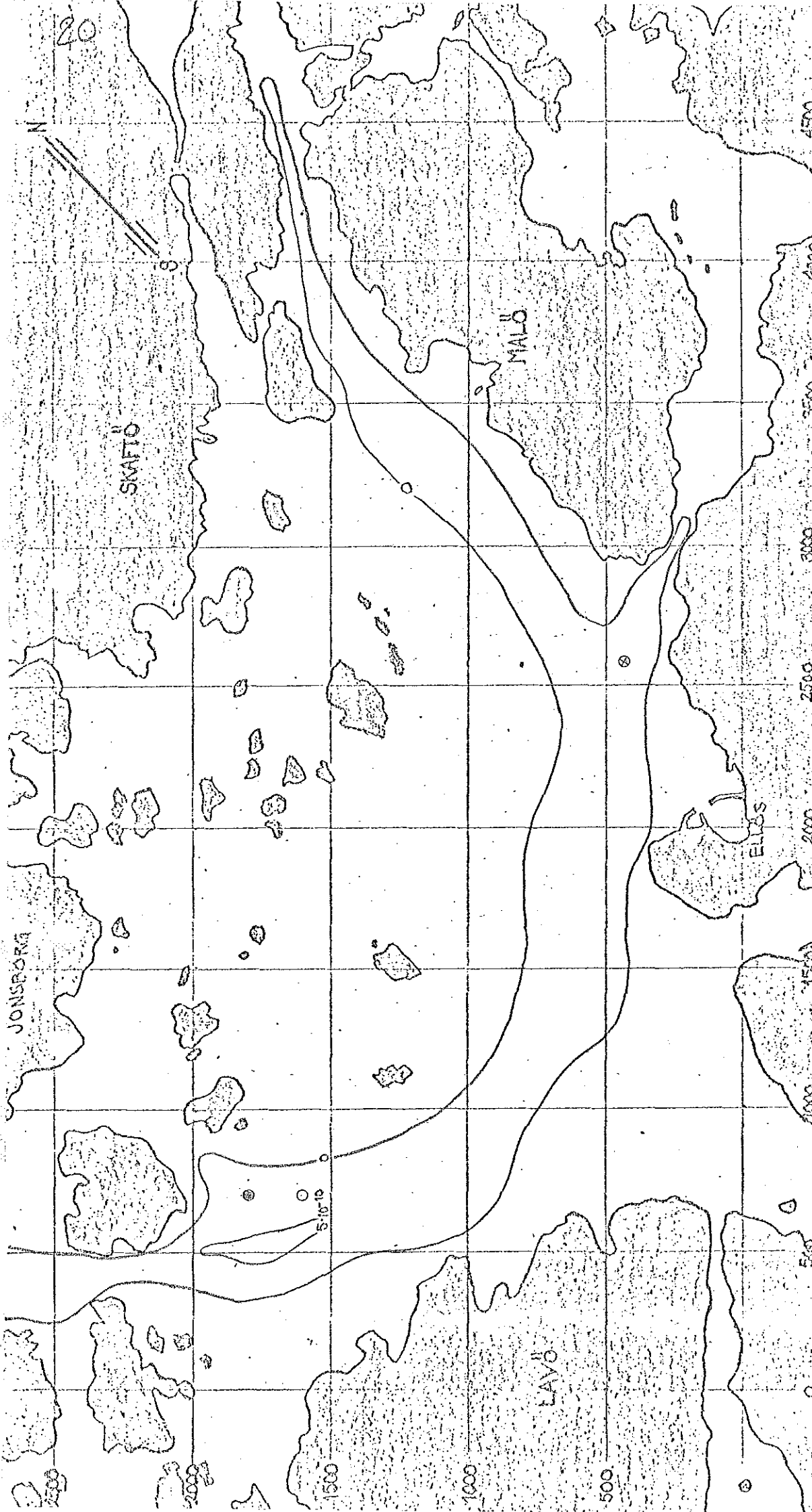




DATUM : 16.8.73  
 TIDPUNKT : 15.30  
 MÄTDJUP : 8 M  
 INMÄTT MÄNGD : 296 L  
 DOSERAD MÄNGD : 343 L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN 7  
 I UTSLÄPPT VATTEN : 26

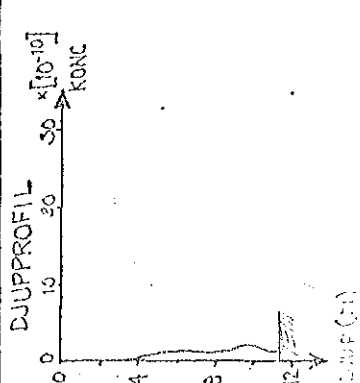
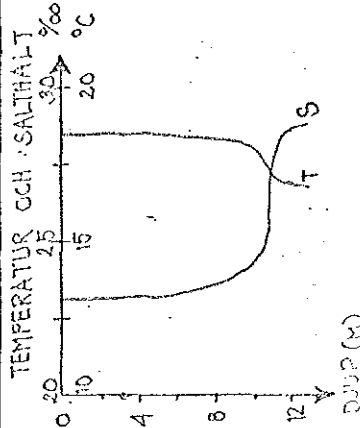
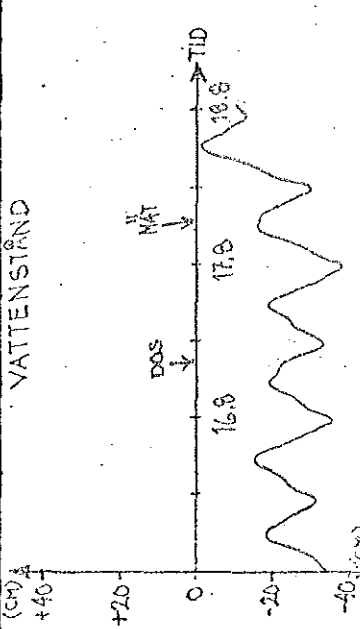
VINDSTYRKA : 4 M/S  
 VINDRIKTNING : SSV

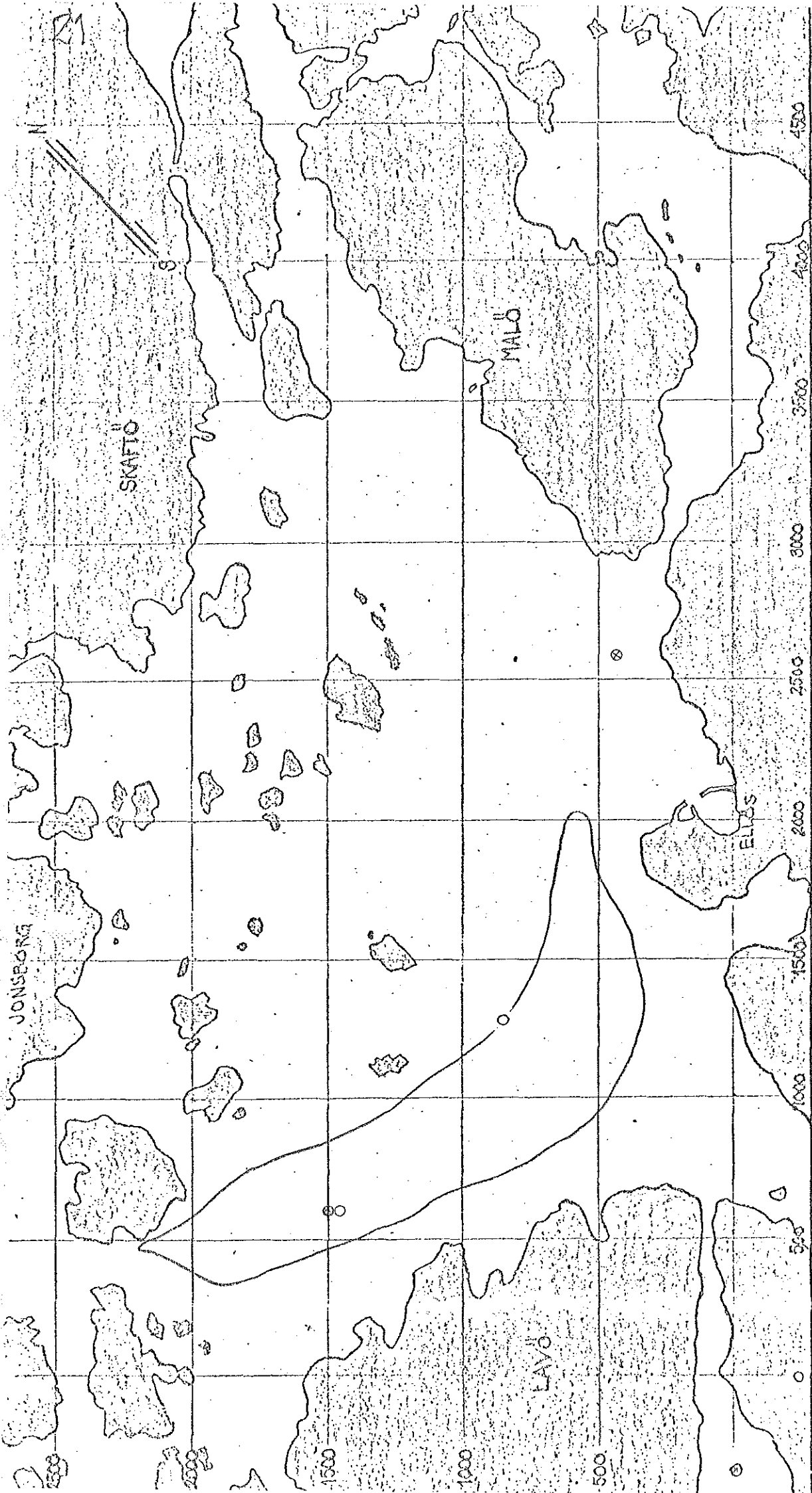




DATUM : 17.8.73  
 TIDPUNKT : 0800  
 MÄTDJUP : 8 M  
 INMÄTT MÄNGD : 2,25 L  
 DOSERAD MÄNGD : 3,43 L  
 RÖDAMINKONCENTRATIONEN 7  
 I UTSLÄPPT VATTEN :

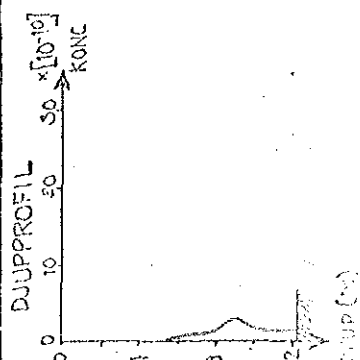
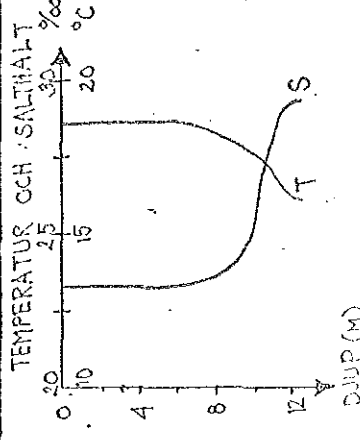
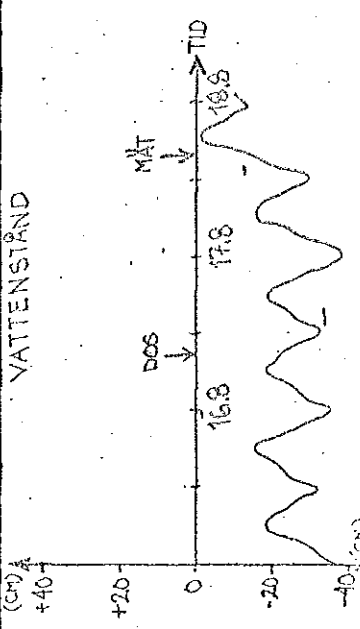
VINDSTYRKA : 7 M/S  
 VINDRIKTNING : SSO

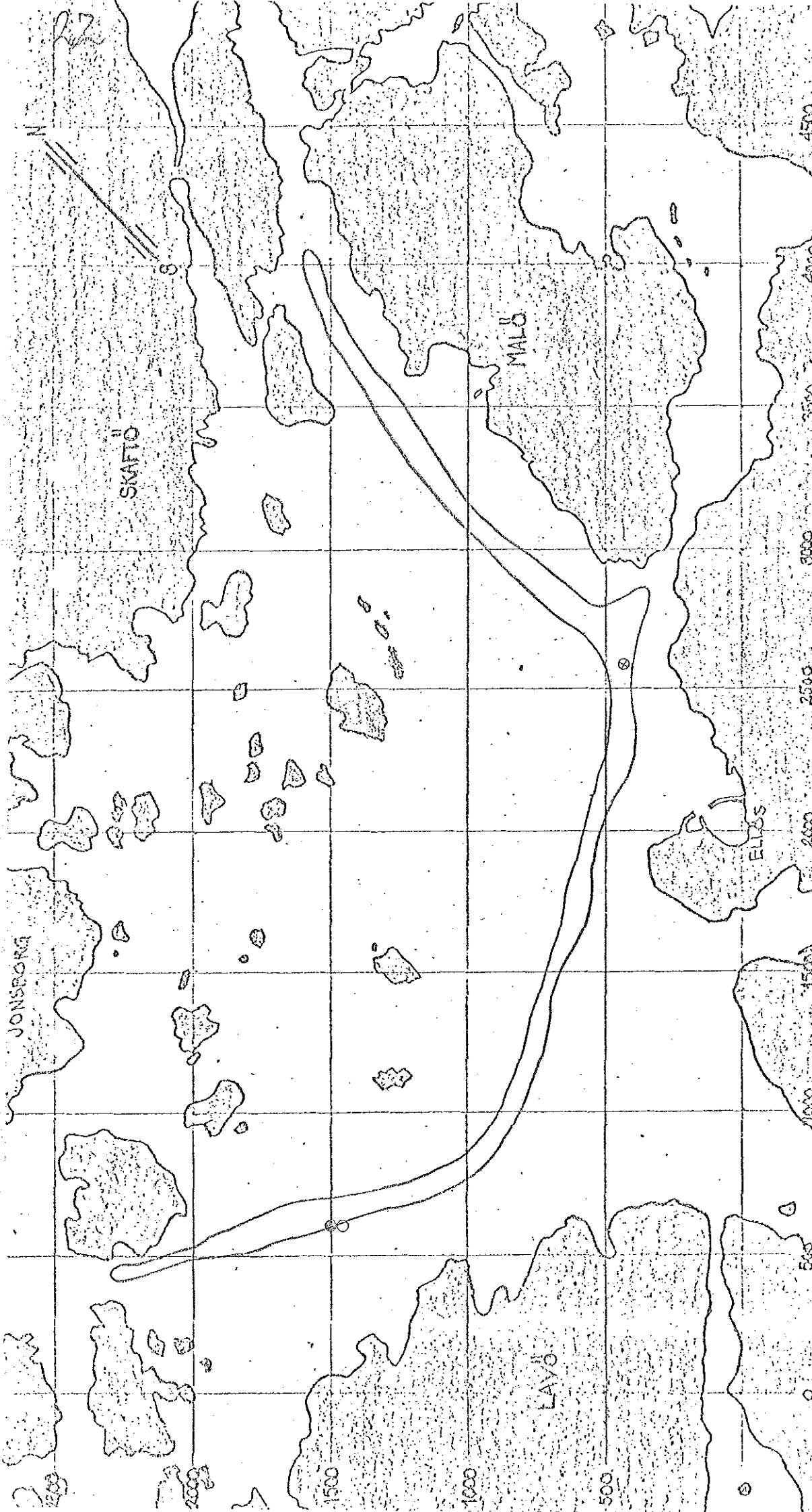




DATUM : 17.8.73  
 TIDPUNKT : 1530  
 MÅTJUUP : 8 M  
 INMÄTT. MÄNGD : 1,24 L  
 DOSERAD MÄNGD : 3,43 H  
 RODAMINKONCENTRATIONEN : 7  
 I UTSLÄPPT VATTEN : 28

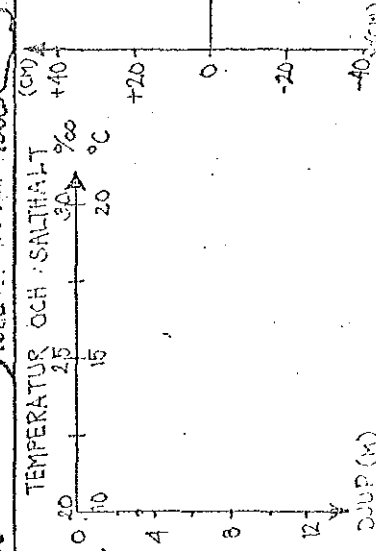
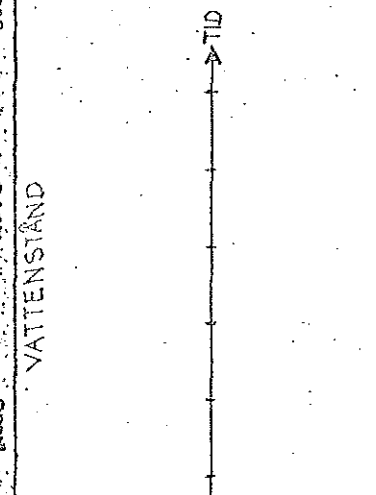
VINDSTYRKA : 11 M/S  
 VINDRIKTNING : S





DATUM : 17.8.73  
 TIDPUNKT : 15 30  
 MÄTDJUP : 10 M  
 INMÄTT MÄNGD : L  
 DOSERAD MÄNGD : L  
 RODAMINKONCENTRATIONEN : 7.29  
 I UTSLÄPPT VATTEN :

VINDSTYRKA : M/S  
 VINDRIKTNING :



SE FÖREGÅENDE  
 SIDA

## 8. SAMMANFATTNING

### 8.1 Allmänt

Som framgår av kap. 7 är strömförhållandena i Malö strömmar mycket komplexa. Det är således svårt att, även med ett mycket omfattande statistiskt material, ställa upp någon tillförlitlig modell för strömningsförloppen. Detta gör att vissa spridningsförlopp i våra försök är svåra att på ett tillfredsställande sätt förklara.

De faktorer som i första hand ger upphov till strömmarna är tidvatten- resp. lufttrycksvariationer. Lufttrycksvariationerna ger upphov till två vattenståndsändrande effekter: dels själva lufttrycket som vid t. ex. högtryck pressar undan vattnet och ger upphov till en sänkning av vattenståndet, och dels de vindar som t. ex. vid pålandsvind pressar upp vattnet mot kusten och ger upphov till en vattenståndshöjning.

Det har under mätningarnas gång visat sig att spridningsförloppen till största delen styrts av strömmarna. I fjordens längsled har vi inte kunnat märka någon inverkan av den lokala vinden, däremot tycks lokal vind i fjordens tvärlid kunna påverka spridningsbilden. Ett exempel på detta visar dosering 2.

Trots att vi vid dosering 1-5 doserade rodaminet vid stigande vattenstånd spreds molnet endast vid två tillfällen in i Malö strömmar. Båda dessa doseringar (dosering 4 och 5) var djupdoseringar. Detta visar att det även vid stigande vattenstånd i Ellösefjorden kan förekomma en utåtgående ström genom Malö strömmar. Se vidare [4].

Till skillnad från spridningen inåt visar spridningen utåt stora likheter mellan varje försök. Spridningen utåt följer i stort sett djuprännen och transporten av molnet ut ur fjorden sker mycket snabbt. Under vissa förutsättningar, bl. a. då det råder bleke och utströmmen är relativt stark, kan man med blotta ögat se strömbilden i fjorden. Dessa visuellt erhållna strömbilder, har visat sig stämma väl överens med de spridningsbilder vi fått vid våra doseringar. Överensstämmelsen omfattar även den bakeda in mot hamnen i Ellös, i vilken rodaminmolnet förts in vid samtliga doseringar i punkt A. Vid doseringarna i punkt B kom rodaminmolnet tydligen tillräckligt långt ifrån strömmens centrum för att inte sugas in i bakedan, däremot accentuerades spridningen norrut från utsläppspunkten något. I övrigt tycks inga väsentliga

skillnader i spridningsförlopp mellan dosering i punkt A och punkt B föreligga.

Vid de tillfällen då språngskikt saknas, eller då språngskiktet ligger mycket nära botten, kommer avloppsvattnet inte att inlagras, utan istället blandas upp över hela djupet. Större delen av året kommer språngskiktet dock att vara så beläget att inlagring sker på 5-10 m:s djup.

Sammanfattningsvis kan vi av försöken utläsa, att avloppsvattnet vid vissa tillfällen kommer att spridas in i Malö strömmar, men för övrigt snabbt spridas ut mot fjordens västra delar. Helhetsbilden av Ellösefjorden som recipient är således att spridningsbetingelserna är mycket goda.

## 8.2 Förslag

Som framgår av 8.1 ger ett utsläpp i punkt B den gynnsammaste spridningen. Vi föreslår därför att utsläppspunkten placeras 200-210 m ifrån landfästet i riktning  $320^{\circ}$ . Detta innebär att utloppsledningen kommer att korsas farleden vilket kan innebära risk för skador på densamma. Denna risk måste dock anses som liten.

Ett billigare alternativ är att korta av på utloppsledningen, men därvid föreligger två klart påvisbara nackdelar: det utsläppta avloppsvattnet kommer dels att spridas in i den ovan beskrivna bakedan och dels p. g. a. det minskade djupet vid utsläppspunkten oftare att gå upp till ytan.

Utsläppspunktens läge i detta senare fall är av mindre betydelse.



## 9. LITTERATURFÖRTECKNING

- [1] Bohuskommunernas Byggnadskontor (1973): Förslag till avloppsreningsverk för Ellös Samhälle, Orust kommun, Göteborgs och Bohus län. D.Nr. 5621:49
- [2] Fan, L-N and Brooks, N.H. (1969): Numerical Solutions of turbulent Buoyant Jet Problems. California Institute of Technology, Pasadena, California. Report no. KH-R-18
- [3] Cederwall, K. (1966): Rationell bedömning av avloppsutsläpp i havet. Vattenhygien nr. 2, 1966
- [4] Lundberg, P. (1970): Undersökning av strömförhållandena i Björnesundskanalen. Trebetygsuppsats vid Inst. för Oceanografi, Göteborgs Universitet
- [5] Ahlström, A., Schilling, P-O., Johansson, J-O.: Simulering av avloppsutsläpp under språngskikt i Byfjorden. Examensarbete 1971:4 vid Inst. för Vattenbyggnad, CTH.
- [6] Levin, A., Lingsten, A., Sjöström, H.: Simulering av avloppsutsläpp i Byfjordens ytvattenskikt. Examensarbete 1971:4 vid Inst. för Vattenbyggnad, CTH.
- [7] Sjöberg, A.: Prognosering av temperaturpåverkan av kylvattenutsläpp från Värmekraftverk. Inst. för Vattenbyggnad, CTH.
- [8] Cederwall, K. (1966): Spridningsförsök med spårämne. Särtryck ur Väg- och Vattenbyggaren nr 1-2, 1966.
- [9] SMHI:s P. M. ang. Turners fluorometer.