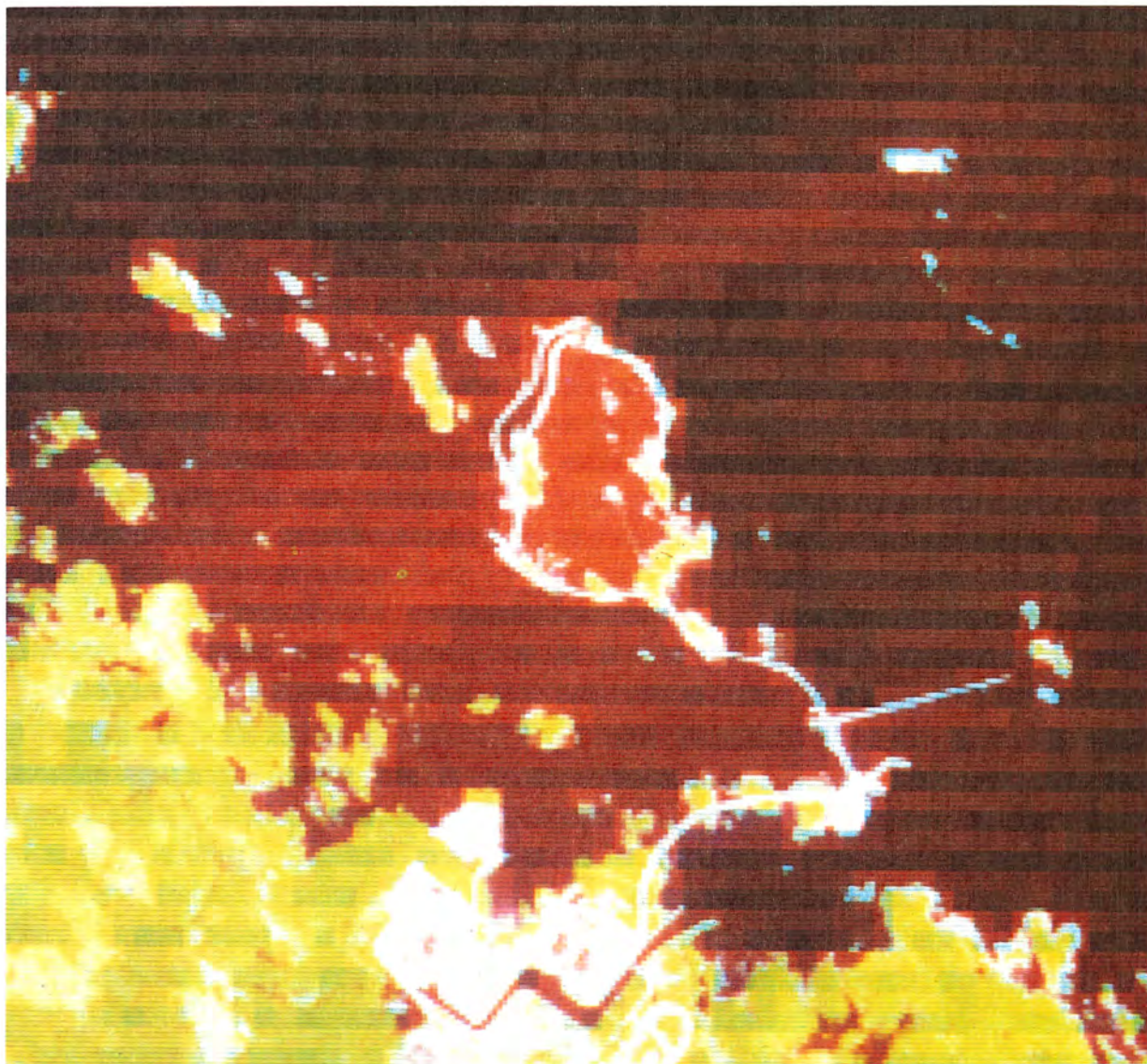




SMHI:s UNDERSÖKNINGAR I ÖREGRUNDSGREPEN

Perioden 1984—85

Jan Andersson och Robert Hillgren

Ritarbete: Eva-Lena Ljungqvist , Anita Bergstrand

Utskrift: Britt-Marie Nilsson

Tryck: SMHIs tryckeri, Norrköping 1986

SMHI:s UNDERSÖKNINGAR I ÖREGRUNDSGREPEN  
Perioden 1984–85

Jan Andersson och Robert Hillgren



## INNEHÅLL

Sid

|    |                                                |    |
|----|------------------------------------------------|----|
| 1. | Sammanfattning                                 | 1  |
| 2. | Driftsförhållanden                             | 2  |
| 3. | Resultat                                       |    |
|    | a) Kylvatten i skärgårdsområdet                | 5  |
|    | b) Treblocksdriften                            | 10 |
|    | c) Recirkulation - temperatur<br>intagsområdet | 10 |
|    | d) Läckaget                                    | 12 |
| 4. | Referenslista                                  | 17 |

## Bilagor

Driftshistorik  
Dataåterbäring  
Temperaturförlopp  
Temperaturkarteringar

Karta: Se pärmens bakre insida

## SAMMANFATTNING

Under 1984-1985 kan kraftverkets drift betraktas som normal med avseende på kylvattenflöde och värme. Andra halvåret 1985 togs block III i kommersiell drift.

Målsättningen med kontrollprogrammet har varit att kontinuerligt övervaka kylvattnets spridning i tid och rum. Följande slutsatser har dragits:

- Vattenutbytet mellan skärgårdsområdet och havet styrs i första hand av vinddrivna strömmar.

- Vid svaga vindar är vattnet nästan stillastående innanför öbarriären.

- Norra och södra bassängen är väl omblandade.

- Vid öppet reservutskov påverkar kylvattnet skärgårdsområdet, väster om Biotesten. Efter några dagar är temperaturen 2-4 °C högre än normalt.

- Den södra bassängen (vert 12) är 1-2 °C varmare än den norra (vert 5).
- Vid stängning av reservutskovet sker en långsam återgång till normala temperaturförhållanden. Det kan ta upp till 2 veckor.
- Läckaget i III:ans kylvattenkanal uppgår till ca 50 % (20 m<sup>3</sup>/s) av kylvattenflödet, 9 °C övertemperatur förekommer närmast vallen.
- Området mellan St. Sandgrund och vallen är mest påverkat. Beroende på vindriktning sker utbredning åt havet eller in mot skärgårdsområdet.
- Ingen recirkulationseffekt konstaterad i intagsområdet.
- Hittills ingen konstaterad ökning av avkylningsytor i samband med treblocksdrift.

## SMHI:S UNDERSÖKNINGAR I ÖREGRUNDSGREPEN PERIODEN 1984 - 1985

## DRIFTFÖRHÅLLANDEN

Driften vid block I och II har under 1984 - 1985 varit normal jämfört med föregående år. Under revisionsperioderna sommartid har driftsnivån varit under 50 %, i övrigt 80 -100 % (se bilagorna 1 och 2).

Kylvattnet som på sin väg genom kraftverket uppvärms ca 10 °C, passerar Biotestanläggningen innan det når ut i Grepen. Reservutskovet har under 1984 nyttjats ca 5 månader på grund av igensättning av fiskspärren i utloppet och montage av rensmaskin. Detta har då medfört att största delen av kylvattnet ( $90 \text{ m}^3/\text{s}$ ) vid full drift släppts ut i skärgårdsområdet väster om Biotesten.

Efter installation av rensmaskinen vid utloppet har tiden reservutskovet måst nyttjas minskat, under 1985 ca 1 månad.

Block III togs i provdrift under januari 1985 med varierande driftsnivåer, se bilaga 3. Dess kylvatten släpps dock inte ut via Biotesten utan i en öppen kanal som mynnar ut vid Biotestutloppet.

På grund av läckage i kylvattenkanalens vall har ca hälften (drygt  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ ) av det ordinarie kylvattenflödet ( $45 \text{ m}^3/\text{s}$ ) runnit ut i skärgårdsområdet.

## MÄTPROGRAM

Nedan redovisas samtliga mätinsatser gjorda under 1984/85. Dataåterbäringen från de automatiskt

registrerande instrumenten återges i bilaga 4. Översiktskarta finns i figur 1 på nästa sida.

TabellKontinuerliga mätningar

| <u>Tidsperiod</u>      | <u>Mätinsats</u>                                       | <u>Kommentarer</u>                                                                                                             |
|------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Jan-maj<br>1984        | Temperaturmätningar på flera djup i vert TEK och Z-TEK | Komplettering av en årscykel för fiskeplatsen TEK, samt kontroll av intagstemperatur för bedömning av recirkulationsrisken.    |
| Maj- 1984-<br>jun 1985 | Temperaturmätningar på flera djup i vert S, 12, XS-A   | Temperaturfördelning mellan bassängerna i skärgårdsområdet. Kylvattnets uppehållstid i området och utbyte med området utanför. |
| Jun-<br>dec 1985       | Temperaturmätningar på flera djup i vert S             | Kontroll av temperatur i skärgårdsområdet och bedömning av vattenomsättningen där.                                             |

Övriga mätningar

|                               |                                                                                    |                                                |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Isfri period<br>1984 och 1985 | Veckovisa och manuella plymkarteringar i utsläppsområdet                           | Regelbunden kontroll av kylvattnets spridning. |
| Apr 1984                      | Satellitbild från Landsat-5                                                        | Detaljinformation över området.                |
| Okt 1985                      | Intensiv temperaturstudie samt vattenföringsmätningar i block III:s kylvattenkanal | Läckagestudie.                                 |

\*XS-A (i norra Gudingefjärden)

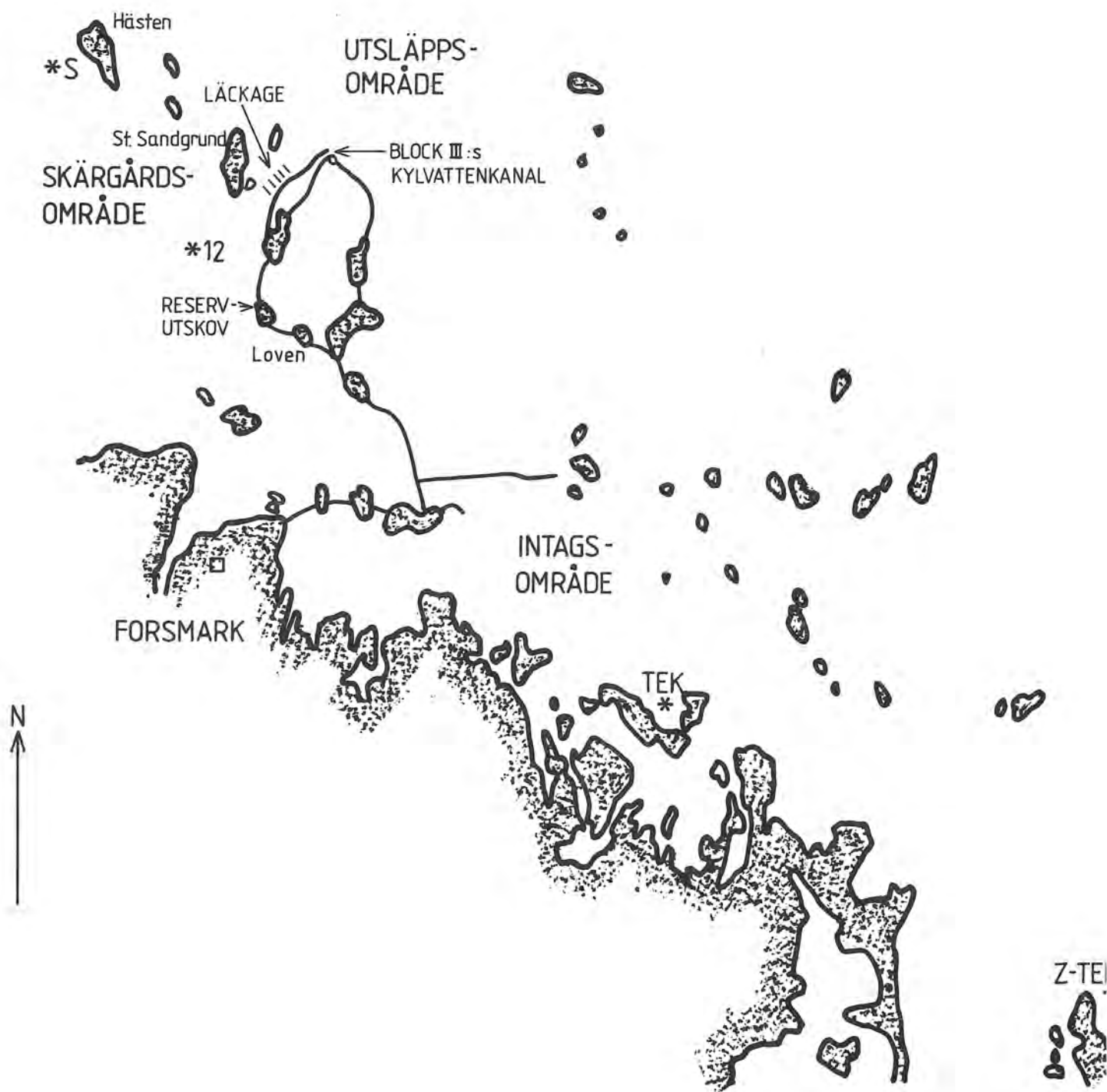


Fig. 1

Kylvatten i skärgårdsområdet

Driften av kraftverket har inneburit en ökad biologisk aktivitet i Biotesten. Det har lett till en igensättning av fiskspärrarna vid ordinarie utloppet med en vattenståndshöjning i Biotesten som följd.

Reservutskovet vid Loven har därför då och då utnyttjats för att leda bort kylvattnet mot skärgårdsområdet väster om Biotesten.

När reservutskovet är öppet går ca 75 % av kylvattnet ut i skärgårdsområdet, resten via Biotesten.

Bortledningen av det uppvärmda kylvattnet via reservutskovet har lett till ett ökat värmepåslag på skärgårdsområdet.

Detta vattenområde har redan i opåverkat tillstånd en genomsnittstemperatur som är 1-2 °C högre än området utanför under försommaren och motsvarande lägre temperatur under hösten (se vidare om detta i rapporten daterad 1979-12-09, appendix 2).

Anledningen till att dessa temperaturskillnader kan upprätthållas här är att utbytet av vatten genom öbarriären i allmänhet inte är tillräckligt.

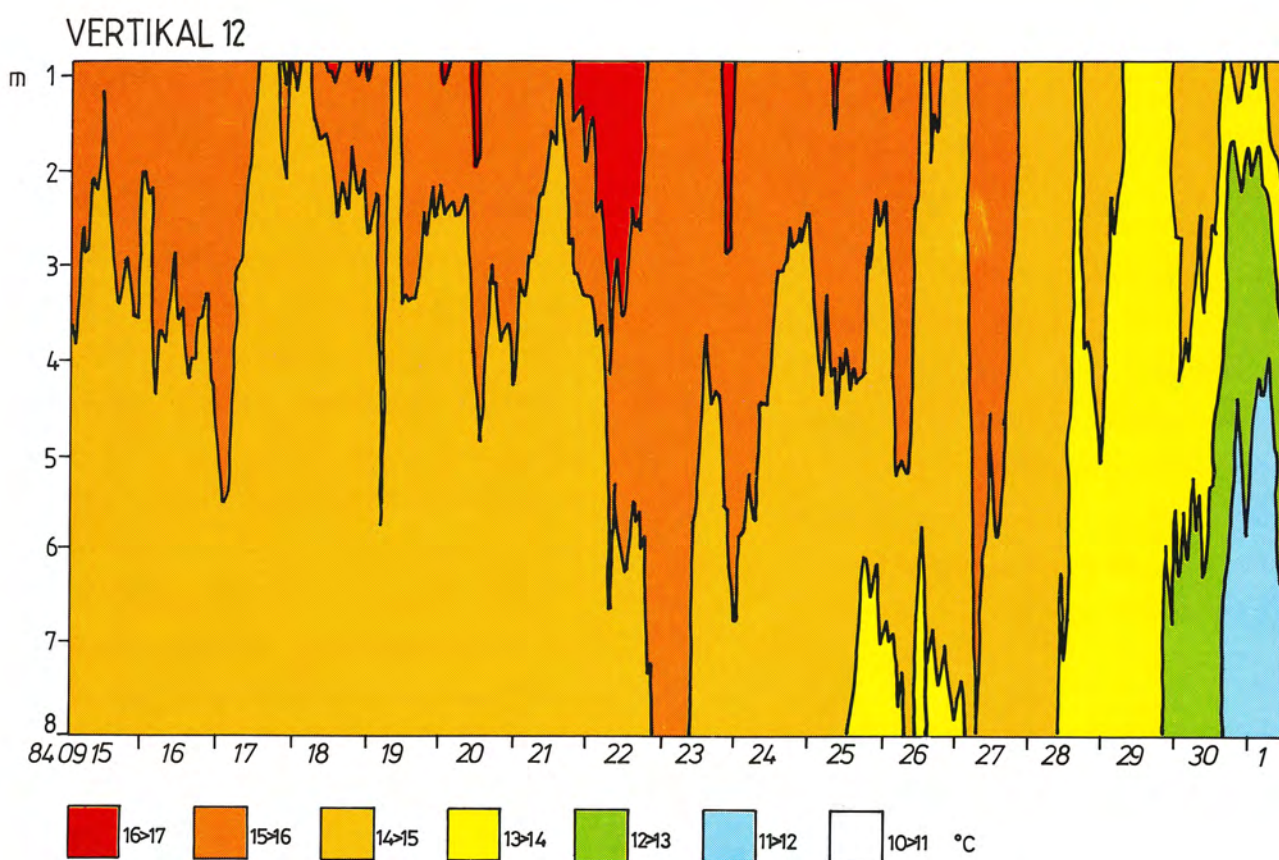
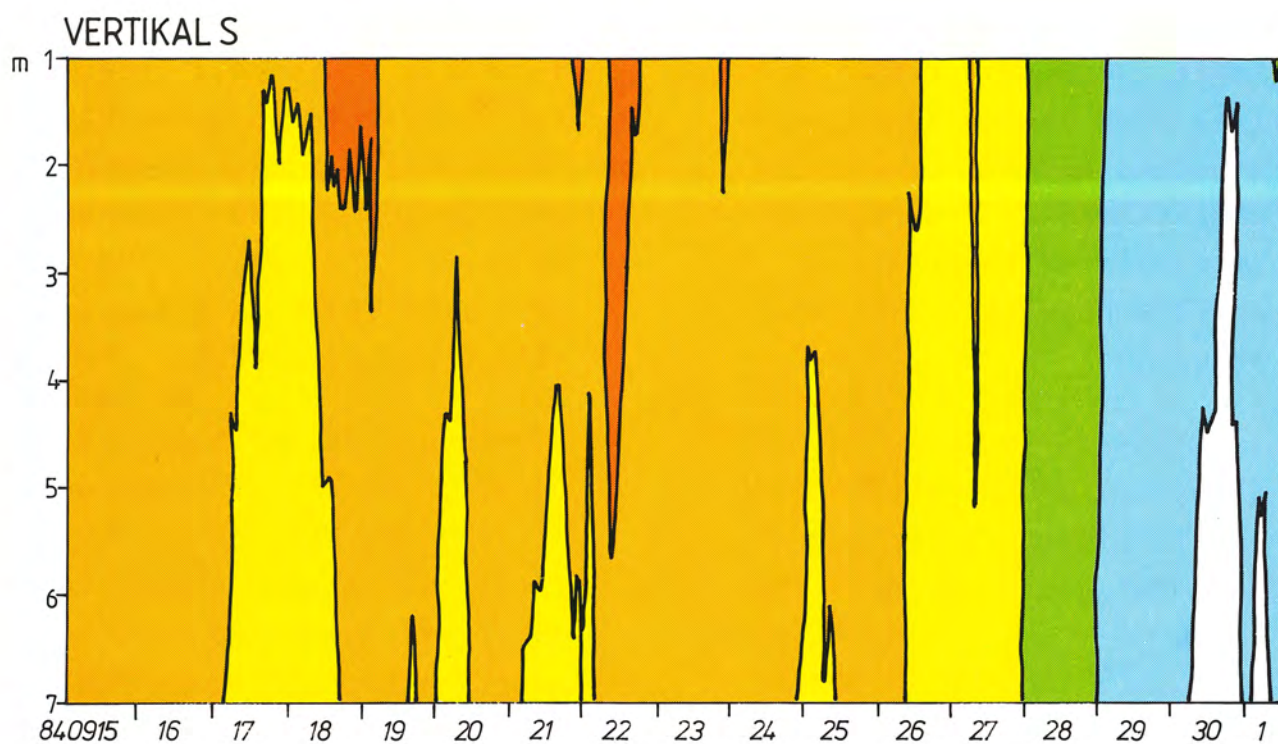
Vattenutbytet

Med hjälp av temperaturserierna från vertikalerna 12 och 5 från åren 1984-1985 och ca en månads strömserier hämtade från öppningarna i öbarriären har vi fått fram följande karakteristik av vattenutbytet.

Större inbrott av bottenvatten upp till 3-4 meters nivå och motsvarande utflöde av ytvatten förekommer i genomsnitt någon gång i månaden. Inbrottet sker under några dygn och sänker då sommartid botten temperaturen i storleksordningen 2-7 °C. I ytskiktet innebär det samtidigt en sänkning på några grader. Mer än halva vattenvolymer byts därmed ut.

Vid enstaka tillfällen sker också ett totalt utbyte av vatten. Figur 2 på nästa sida åskådliggör en sådan händelse, hämtad från september 1984. Diagrammen anger temperaturutvecklingen i hela vattenmassan vid vertikalerna 5 och 12 under en 14 dagarsperiod. Man ser i slutet av perioden hur betydligt kallare vatten utifrån effektivt på några dygn helt ersätter det varmare skärgårdsvattnet.

Öppet reservutskov.



## Vattentransporten

Strömmen är ofta riktad in genom de södra sunden i öbarriären och ut i de norra eller tvärtom och att vinden över området driver strömmen. Vid vind omkring nord går ca 1/4 av intransporten genom sundet söder om St. Sandgrund och 3/4 går mellan Hästen och St. Sandgrund. Vattnet går då ut norr om Hästen.

Vattnet innanför öbarriären är nästan stillastående under perioder med svag vind (under 4 m/s).

Flödet mellan den norra och södra skärgårdsbassängen är stort. Gränsen går strax söder om Hästen. Tröskeln mellan bassängerna påverkar inte temperaturfördelningen.

## Öppet reservutskov

Några dagar efter att reservutskovet öppnats får skärgårdsområdet en yttemperatur som är 2-4 °C högre än normalt. I genomsnitt är då temperaturen vid vertikal 12 (södra bassängen) 1-2 °C högre än vid vertikal 5 (norra bassängen).

När utskovet stängs sker en långsam återgång till opåverkade förhållanden. Det kan ta upp till 2 veckor.

För att belysa hur det kan se ut finns i bilagorna 5 och 6 temperaturutvecklingen i om-

rådet på 1 m djup åskådliggjord för hösten 1984, då reservutskovet var flitigt använt. En referenskurva (markerad XS-A) är inlagd för att spegla temperaturutvecklingen i ytan under opåverkade förhållanden.

Vertikalt sett når kylvattnet då och då ner till strax ovan botten - ofta ca 5 m. Se figur 2 föregående sida.

## Temperaturen i detalj

Från ett material på ett 50-tal kartläggningstillfällen redovisas i bilagorna 7:1-4 några detaljbilder över temperaturfördelningen som den kan te sig vid olika vindriktningar.

Här kan man lägga märke till att utsläppet i skärgårdsområdet under normaldrift inte bara ger ett betydande temperaturpåslag över lag, utan också skapar eller förstärker temperaturskillnader i gränszonen mellan varmare och kallare vatten. Det innebär med andra ord större temperaturgradienter.

För att illustrera användningen av ny teknik för övervakning av detta slag redovisas på nästa uppslag, figur 4, en bearbetning av en satellitbild över området, hämtat från april 1984. Som jämförelse finns en manuell kartläggning som dock är utförd dagen innan.

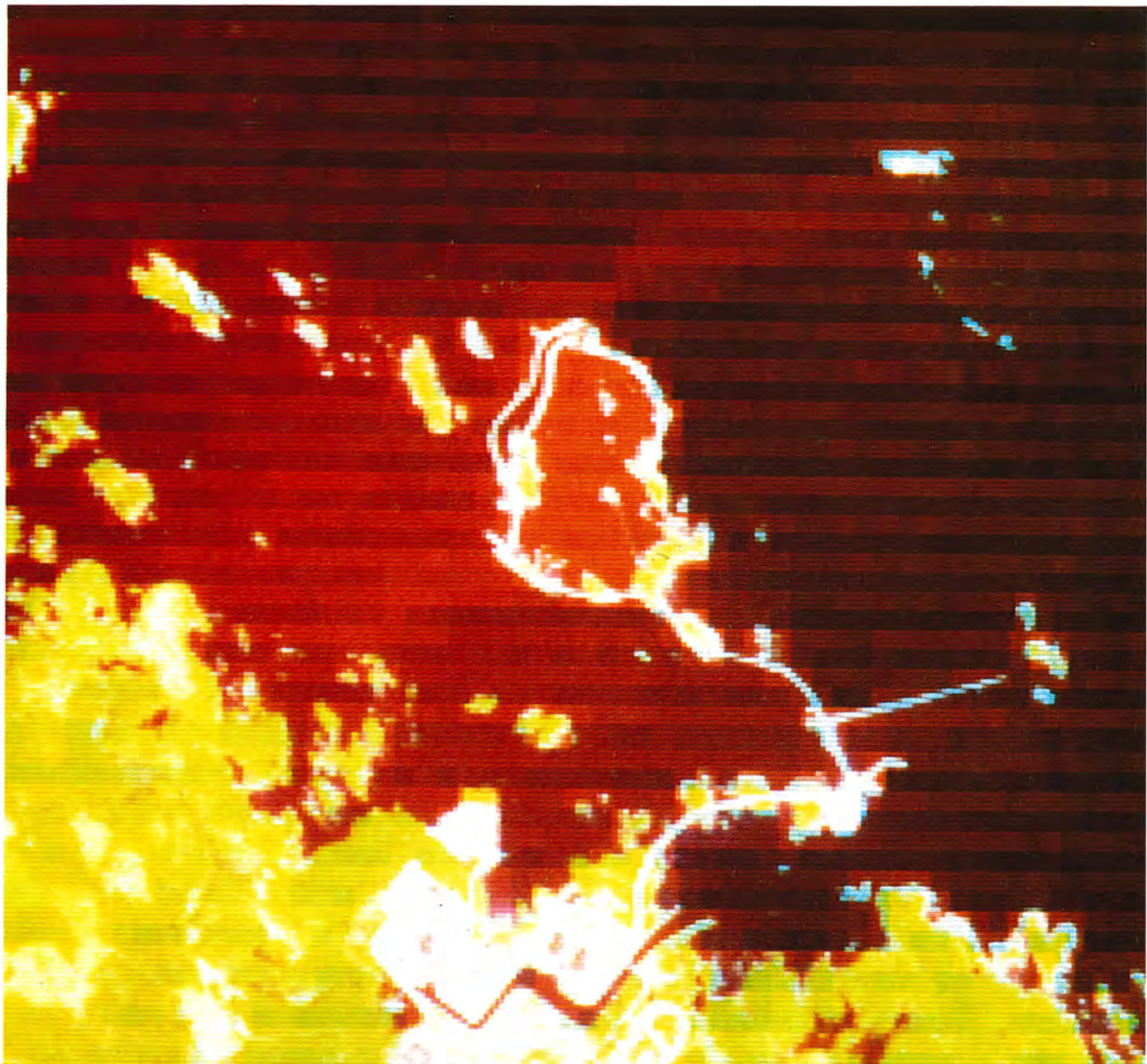
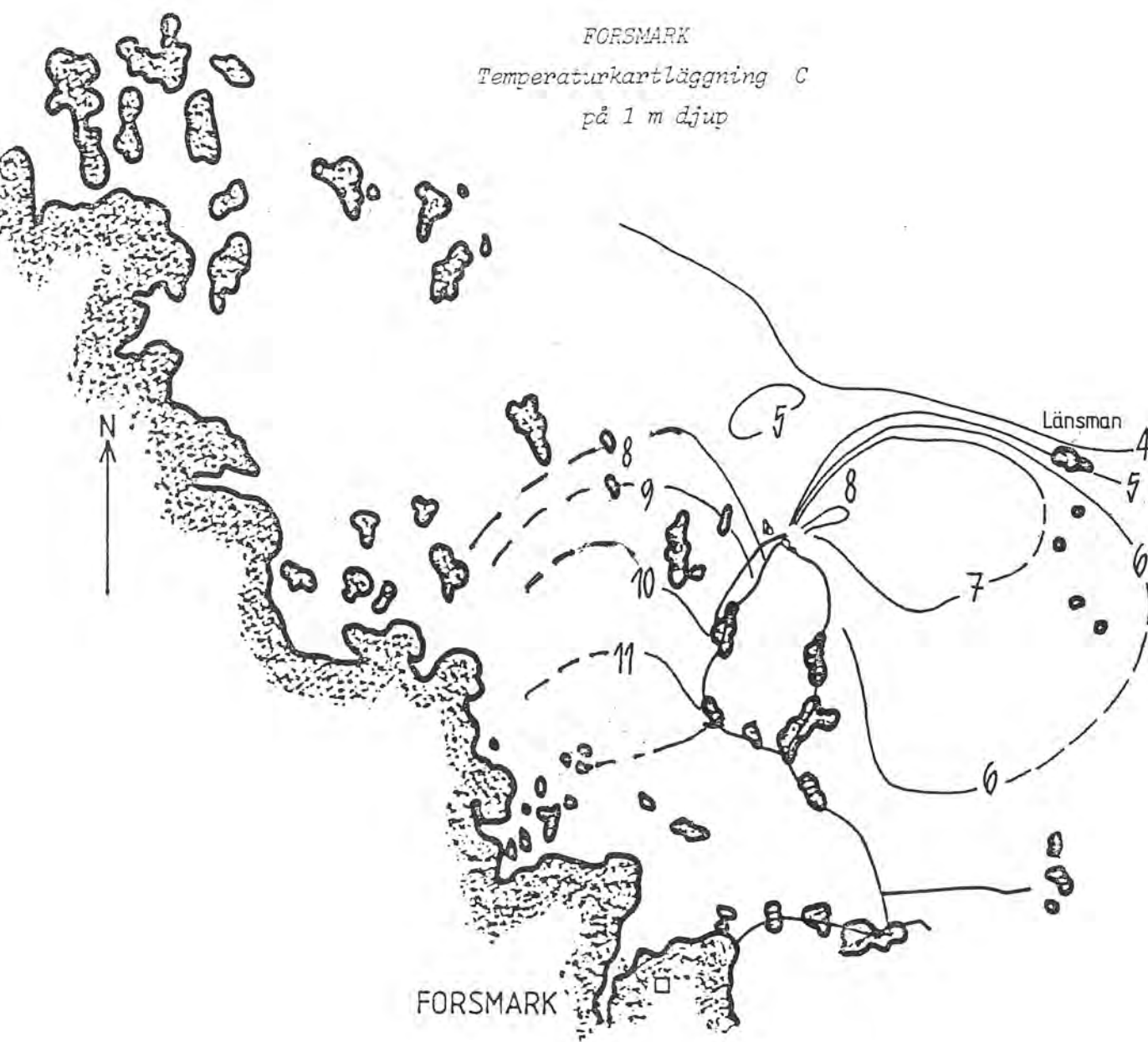


Fig 3 Satellitbilden kommer från "LANDSAT-5" och dess sensor "THEMATIC MAPPER".  
 Vad vi ser är en kompositbild som är sammanställd av data från tre olika kanaler. Informationen om temperaturskillnader i vatten kommer från den termiska IR-kanalen.  
 Ljusare röd färg indikerar högre temperatur, se reservutskovet, och plym mot det intilliggande skärgårdsområdet samt Biotestsjön. En svag varmvattenplym som sträcker sig från det ordinarie utloppet och mot Länsman kan urskiljas. Vid öppet reservutskov passerar endast 25-30% av kylvattnet genom ordinarie utloppet.  
 "LANDSAT-5" opererar på en höjd av 705 km, minsta detekterbara temperaturskillnad är 0,5 °.  
 Den geometriska upplösningen är 120 x 120 m.  
 Samma geografiska område registreras var 16:e dygn.  
 Bildens "randighet" beror på en störning.



Vindriktning: 50

Vindhastighet: 3 m/s

Effekt  $\left. \begin{matrix} F1 \\ F2 \\ F3 \end{matrix} \right\} 80\%$

Datum: 84-04-28

Skala  $\overline{\quad\quad\quad}$  0 1 2 km

Fig. 4

### Treblocksdriften - figur 5

Under andra halvåret 1985 togs block III i kommersiell drift.

Kylvattenflödet i utsläppsområdet ökade därvid från  $90 \text{ m}^3/\text{s}$  (100 % två block) till ca  $115 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hälften av block III:s kylvattenflöde avgick genom läckage (se särskilt kapitel).

Påverkan av denna blott 25 procentiga ökning av kylvattenflödet går inte att klart dokumentera i detta skede.

Därtill är perioden lite för kort och flödestillskottet inte tillräckligt stort.

### Recirkulation - temperaturen i intagsområdet

Under 1984-85 har vi gjort kompletteringar av tidigare mätserier från vertikalerna TEK och Z-TEK. Avsikten har varit att få en hel årscykel för att, under full drift med 2-block, bedöma eventuell långsiktig uppvärmning av området runt fiskeplatsen TEK.

För perioden 1982-83 har vi i senaste rapporten (se referenslista) konstaterat att driften på denna nivå inte orsakar mätbara långsiktiga effekter i området.

Det nya materialet har inte gett anledning att ändra på detta konstaterande.

Ett jämförelsematerial måste byggas på ett större antal bilder med i övrigt lika betingelser beträffande meteorologiska förhållanden, säsonger, strömmar etc.

En underbyggd bedömning i det här stadiet skulle emellertid kunna bli, att även sedan läckaget är åtgärdat, 3-blocksdriften inte ger nämnvärt större avkylningsyta. Därtill är utsläppsområdet alltför väl ventilerat.

Vertikal TEK kan temperaturmässigt också representera hela intagsområdet. Vi kan då, utifrån, den sammansatta temperaturserien från TEK - och ett mycket stort antal kartläggningar som följt kylvattnet ner mot detta område, inte se några tecken på återcirkulation av uppvärmt kylvatten.

Nu är temperaturen som spårämne i detta avseende lite trubbigt instrument. Vill man få en bättre uppfattning än så här om graden av återcirkulation erfordras en spårämnesundersökning.

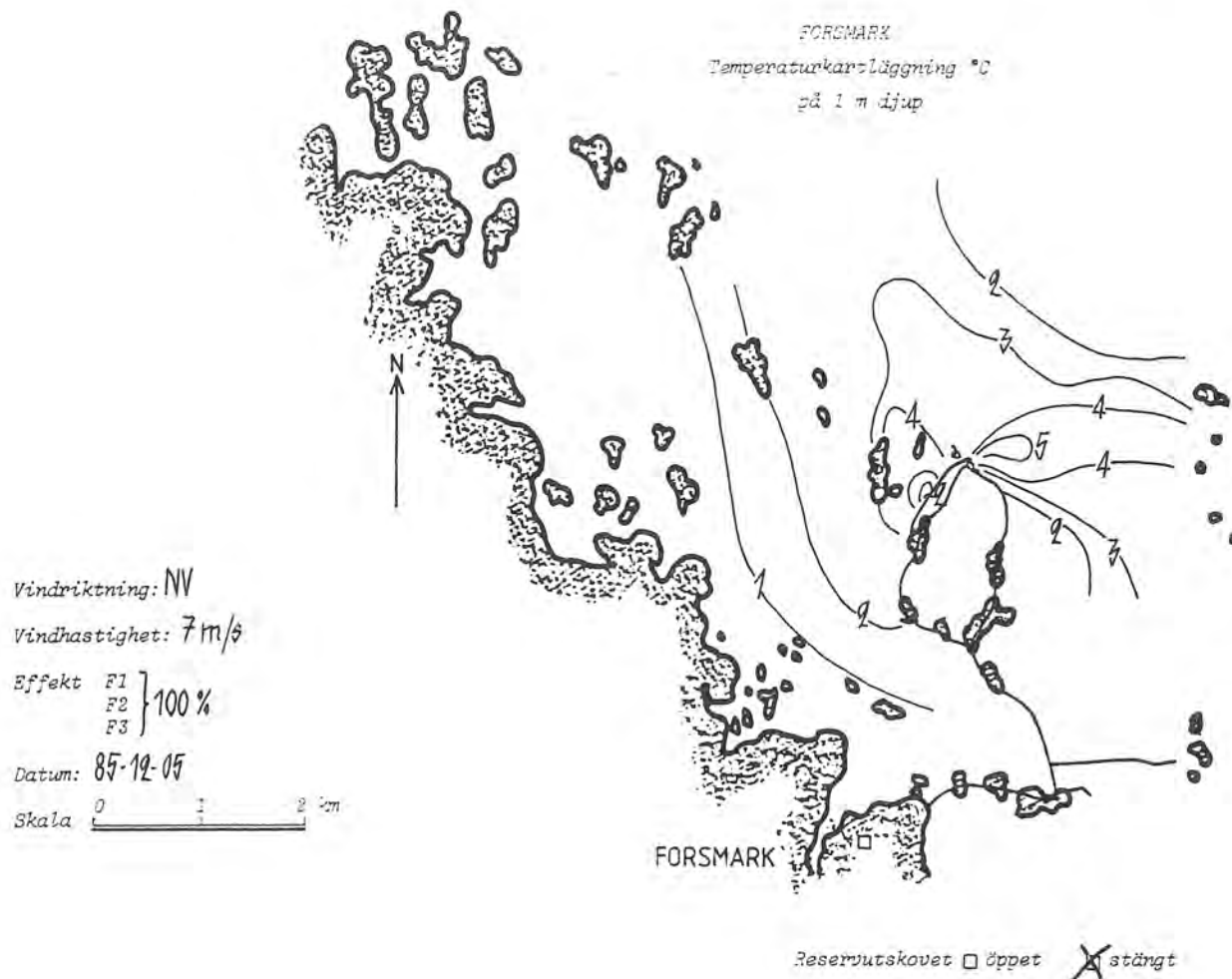
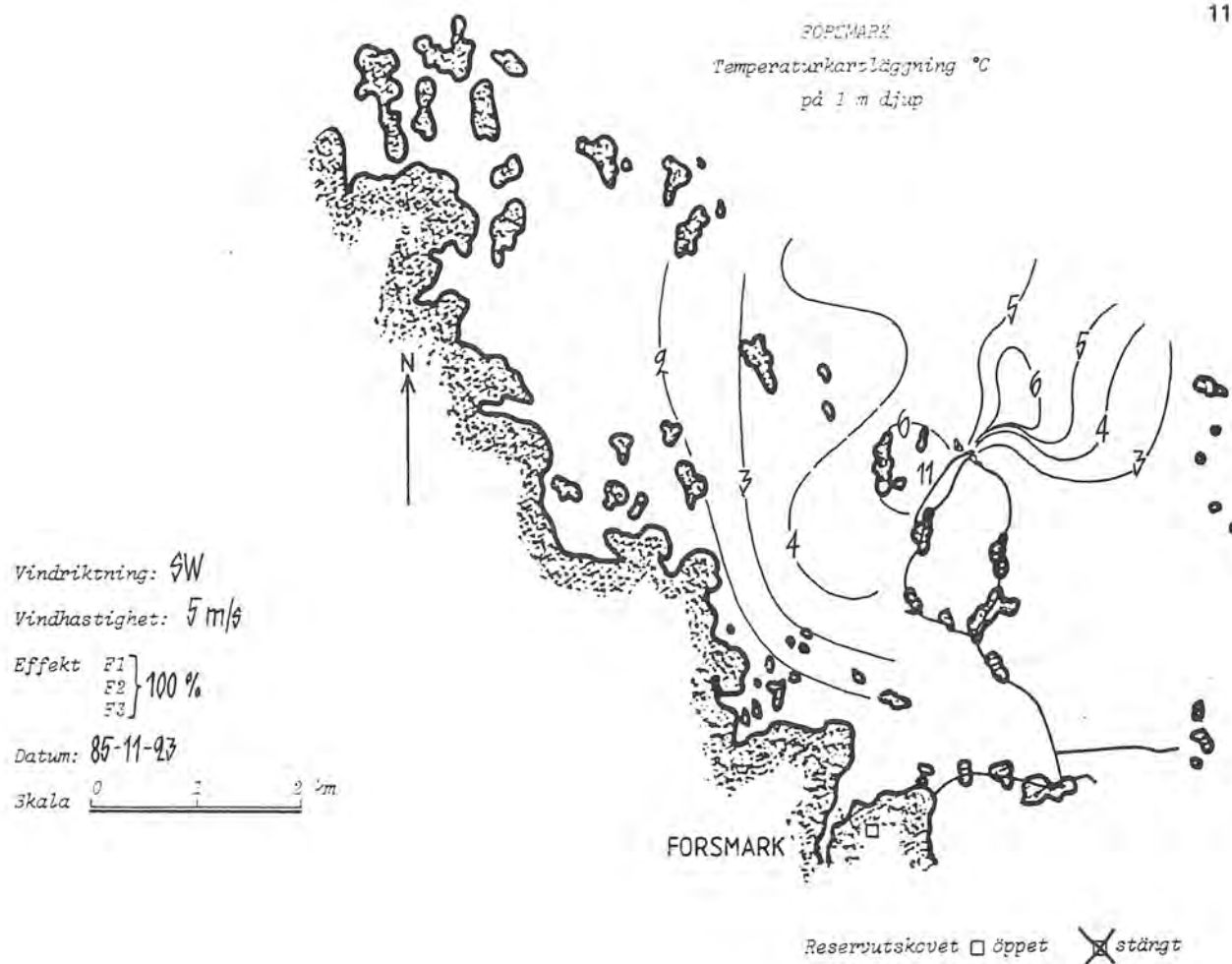


Fig. 5

## Läckaget

### Bakgrund

När provdriften vid block III kom i gång under försommaren 1985 observerades i samband med ordinarie temperaturkarteringen övertemperaturer i punkten K 13.

Pga den sporadiska provdriften förekom inte detta läckage vid varje karteringstillfälle. Snart nog kunde emellertid konstateras att dessa övertemperaturer härstörde från ett läckage i vallen till block III:s kylvattenkanal.

Som tilläggsuppdrag till ordinarie program utfördes kompletterande mätningar i oktober 1985.

### Q-mätning (vattenföringsmätning)

För att först konstatera volymen på läckaget gjordes flödesmätningar i kylvattenkanalen 1985-10-22--23. Mätningarna gjordes i tre sektioner, se figur 6.

Driften vid block III var full effekt under mättillfällena med ett kylvattenflöde på ca  $45 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Mätningen i sektion 3 vid tunnelutloppet gjordes i den utsprängda delen där inget läckage väntades förekomma.

|                              | <u>Flöde</u>              |
|------------------------------|---------------------------|
| 1. Ca 150 m från mynningen   | $23 \text{ m}^3/\text{s}$ |
| 2. Ca 20 m " "               | $25 \text{ m}^3/\text{s}$ |
| 3. Ca 100 m " tunnelutloppet | $45 \text{ m}^3/\text{s}$ |

Drygt  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  eller ungefär hälften av det ordinarie kylvattenflödet rinner alltså ut genom vallen som ett diffust läckage.

Anledningen till att mätningen i sektion 2 gav ett högre värde än i sektion 1 beror på att kylvattenet på grund av kanalens konstruktion blir turbulent vid mynningen och skapar i mätpunkten något för höga strömhastigheter.

### Temperaturmätning

Samtidigt med den ordinarie temperaturkarteringen 1985-10-22 (figur 7) gjordes temperaturmätningar (figur 6) från en gummi-båt vilket möjliggjorde mätningar även alldeles i strandkanten i läckageområdet.

Ett synligt läckage observerades i en punkt nära vallen där även den högsta temperaturen,  $16,2^\circ\text{C}$  noterades. Bottendjupet var där 0,2m. Aktuell intagstemperatur var då  $7,2^\circ\text{C}$  och inloppstemperatur till Biotesten  $16,3^\circ\text{C}$ .

Temperaturen är angiven som yttemperatur (0,5 m). I skiktet ovanför kan temperaturen vara någon tiondels grad högre.

Den största delen av varmvattenläckaget torde ske i det övre vattenlagret beroende på vallens avsmalnande konstruktion.

Yttemperatur °C

85-10-22

13

NW 8-5 m/s

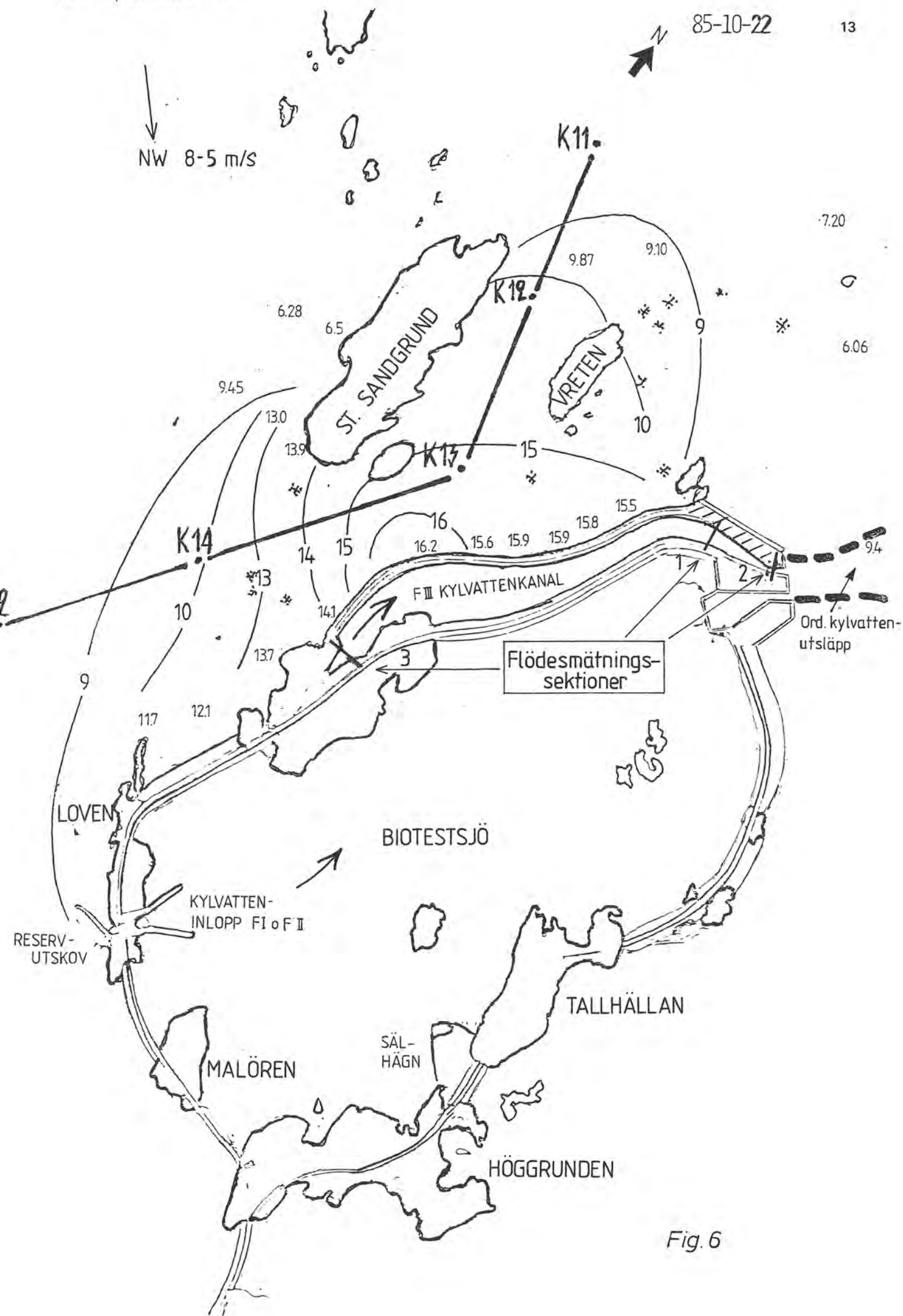


Fig. 6

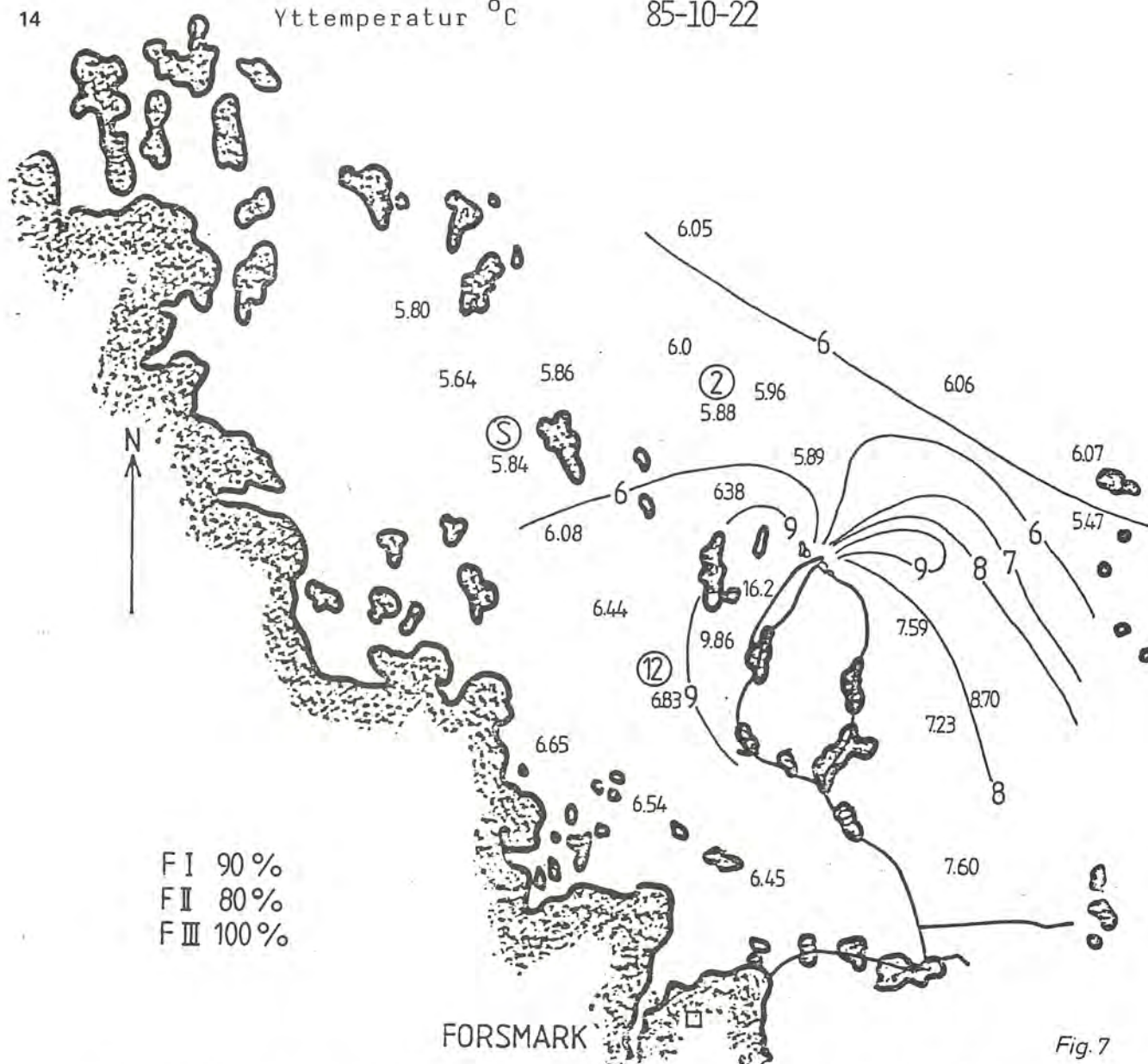


Fig. 7

Djuputbredningen syns i nedanstående tabell. Som referens till skiktning och bakgrundstemperatur

är de näraliggande punkterna S, 12 och 2 medtagna.

| Vert   | <u>K12</u> | <u>K13</u> | <u>K14</u> |  | <u>S</u> | <u>12</u> | <u>2</u> |
|--------|------------|------------|------------|--|----------|-----------|----------|
| Djup   |            |            |            |  |          |           |          |
| 0,5 m  | 10,67°     | 15,80°     | 9,86°      |  | 5,84°    | 6,87°     | 5,88°    |
| 1,0 m  | 10,60°     | 15,80°     | 9,81°      |  | 5,84°    | 6,87°     | 5,87°    |
| 2,0 m  | 10,40°     | 15,70°     | 9,80°      |  | 5,83°    | 6,80°     | 5,84°    |
| 3,0 m  | 9,15°      | 12,35°     | 6,60°      |  | 5,83°    | 6,76°     | 5,84°    |
| 4,0 m  | 8,50°      | 8,76°      | 6,52°      |  | 5,80°    | 6,73°     | 5,83°    |
| 5,0 m  | 7,56°      | 8,72°      | 6,49°      |  | 5,80°    | 6,70°     | 5,81°    |
| 6,0 m  | 6,90°      | 6,63°      | 6,48°      |  | 5,79°    | 6,68°     | 5,80°    |
| 7,0 m  | 6,86°      |            | 6,50°      |  | 5,78°    | 6,67°     | 5,80°    |
| 10,0 m |            |            |            |  |          |           | 5,80°    |

Det diffusa läckaget sker förmodligen längs hela vallen relativt ytligt och medför att varmvattnet lägger sig överst i det omkringliggande vattnet.

Den vertikala påverkan är störst i vertikal K 13 och märks även tydligt i K 12 och K 14. Vertikalerna 2 och 5 är helt opåverkade. Temperaturen i vertikal 12 samt det innanförliggande vattenområdet uppvisar en högre temperatur än den aktuella bakgrundstemperaturen. Ett sådant förhållande är vid tidigare tillfällen sällsynt under en höstperiod.

Det område som vid detta tillfälle var tydligt påverkat är i huvudsak området mellan vallen och St. Sandgrund från ytan och ned till 3-4 m.

På grund av den geografiska karaktären påverkas alltid området mellan vallen och St. Sandgrund

(punkt K 13). Den fortsatta utbredningen kan sedan ske åt två håll mot havet eller in mot skärgårdsområdet.

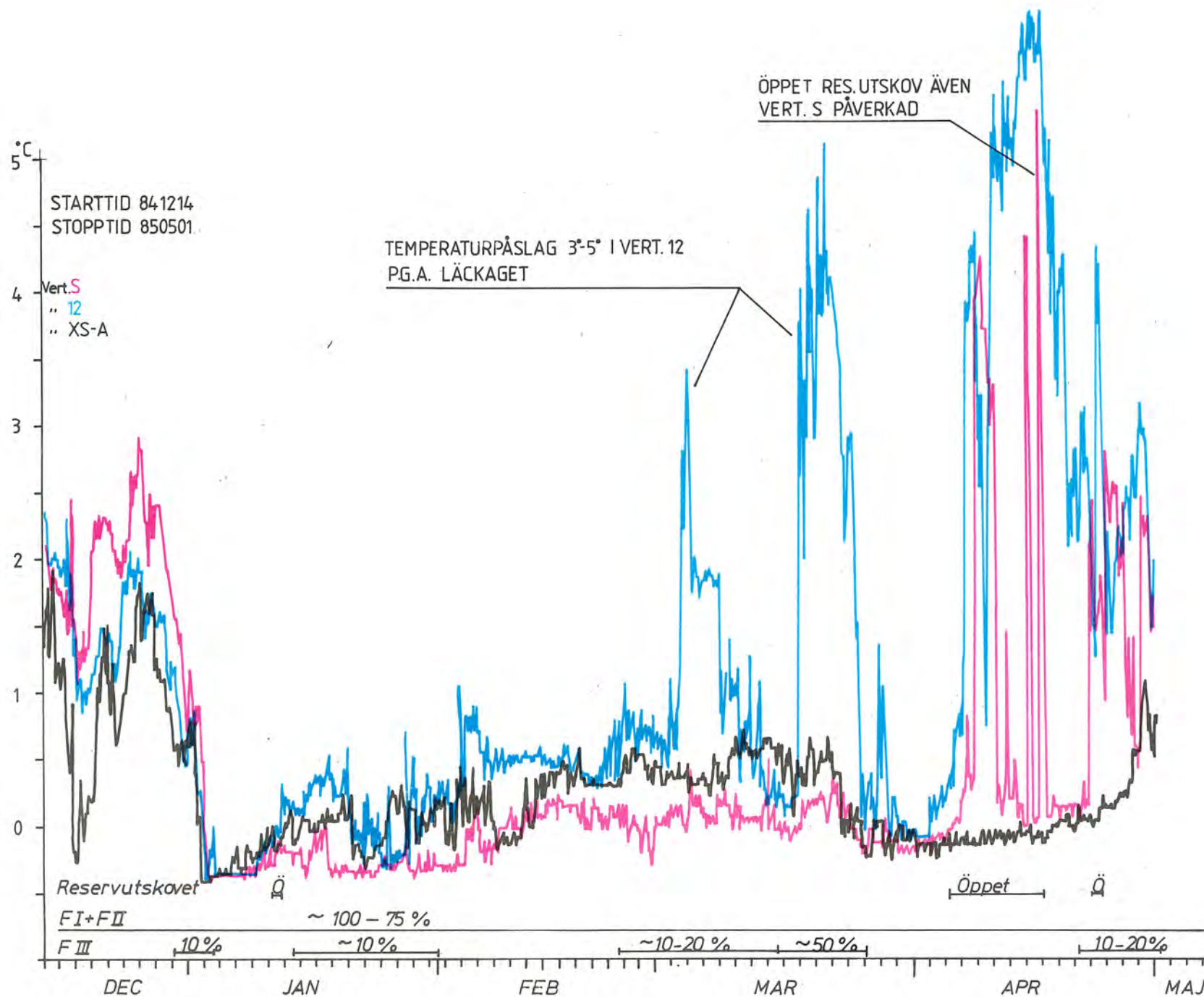
Svaga strömmar gör att utbredningen i första hand är vindstyrd. Vid en tidigare temperaturkartering, SW-vindsituation, se bilaga 8, konstaterades att en svag "parallellplym" existerade jämte en ordinarie.

Figur 8 som visar temperaturförloppet i vertikalerna 12, 5 och XS-A, är vertikal 12 klart påverkad vid de tillfällen som (prov-) driften varit i gång. De vindriktningar som dominerat vid dessa tillfällen är först nordvindar följda av vindar med östlig huvudriktning.

Av figuren framgår också att när kylvattnet från block I och II går ut genom reservutskovet påverkas i första hand vertikal 12 samt vertikal 5 i mindre omfattning.

TEMPERATURFÖRLOPP  
VERTIKAL S,12, XS-A

Fig.8



## REFERENSLISTA

SMHI:s tidigare rapporter och utlåtanden rörande Forsmark

1971-07-21

Preliminärt yttrande angående de oceanografiska förhållandena i Öregrundsgrepen och inverkan på dessa av en vid Forsmark planerad kärnkraftstation, mål AD77/70, Ä103/1970.

1974-03-07

Komplettering av preliminärt yttrande angående de oceanografiska förhållandena i Öregrundsgrepen och inverkan på dessa av en vid Forsmark planerad kärnkraftstation, mål AD77/70, Ä103/1970.

1975-04-04

Rapport angående de oceanografiska förhållandena i Öregrundsgrepen 1972.

1976-04-08

Vattnets grumlighet i Öregrundsgrepen under 1974 och 1975 (i samband med muddrings- och tippningsarbeten för Forsmarks kärnkraftstation).

1976-05-31

Forsmarks kraftstation - oceanografiska undersökningar 1973 - 1974.

1977-04-25

Forsmarks kraftstation - oceanografiska undersökningar 1975 - 1976 samt vattentemperatur 1970-76.

1977-09-02

Strömmar i Öregrundsgrepen - en sammanfattning av 1970-76 års mätningar.

1979-12-09

Forsmarks kraftstation - oceanografiska undersökningar 1977-78.

1982-09-09

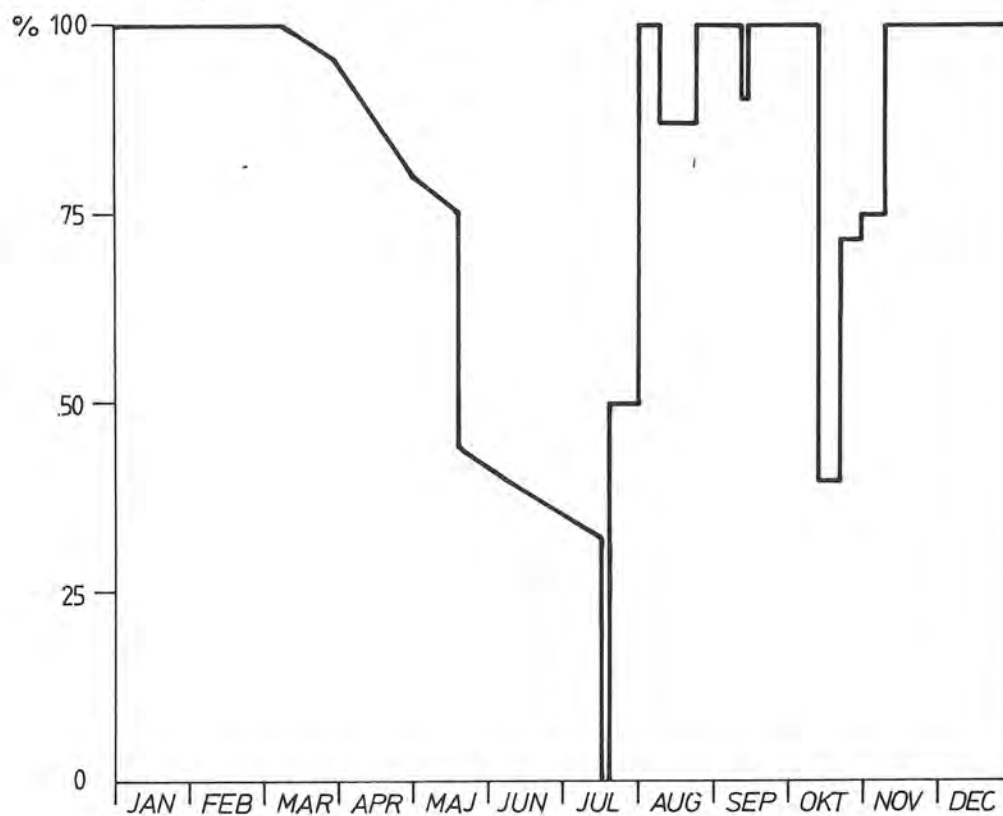
SMHI:s undersökningar i Öregrundsgrepen 1979-81.

1985-01-15

SMHI:s undersökningar i Öregrundsgrepen perioden 1982-1983.



## UNGEFÄRLIG DRIFTSKURVA BLOCK I OCH II 1984

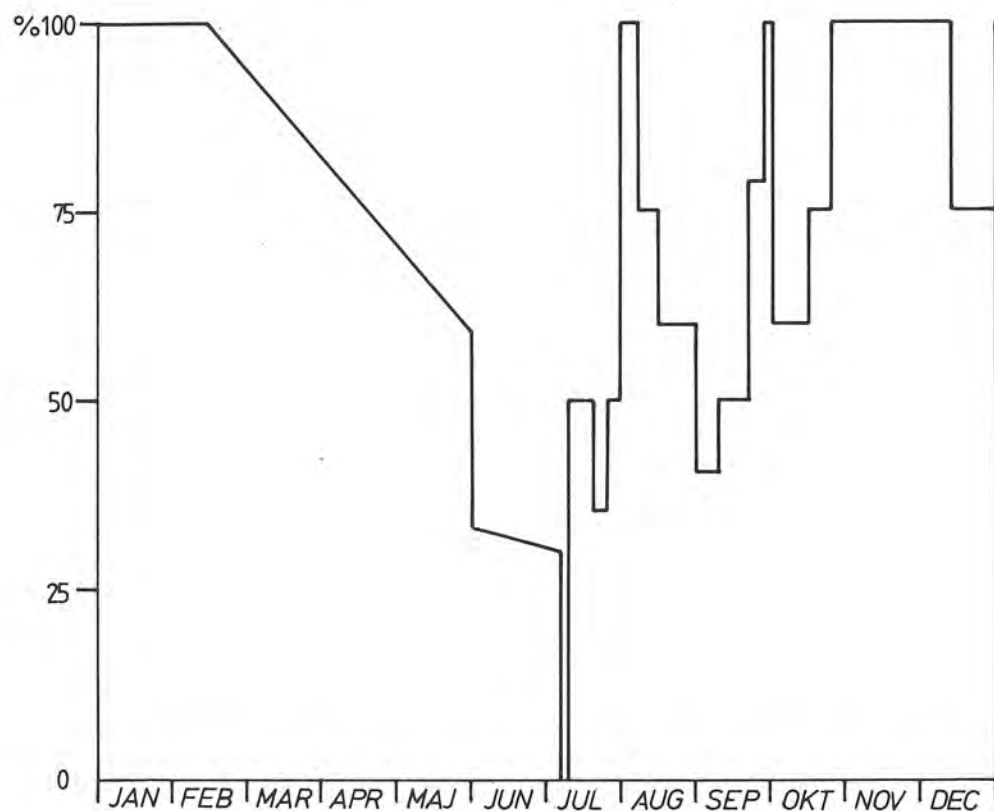
Reservutskovet

öppet

1984-01-09--1984-01-16  
 1984-02-24--1984-03-08  
 1984-03-19--1984-03-20  
 1984-03-23--1984-04-06  
 1984-04-12--1984-04-18  
 1984-04-20--1984-05-17  
 1984-05-20--1984-05-21  
 1984-05-25--1984-06-04  
 1984-07-13--1984-08-03  
 1984-08-10--1984-08-20  
 1984-08-24--1984-10-23



## UNGEFÄRLIG DRIFTSKURVA BLOCK I OCH II 1985

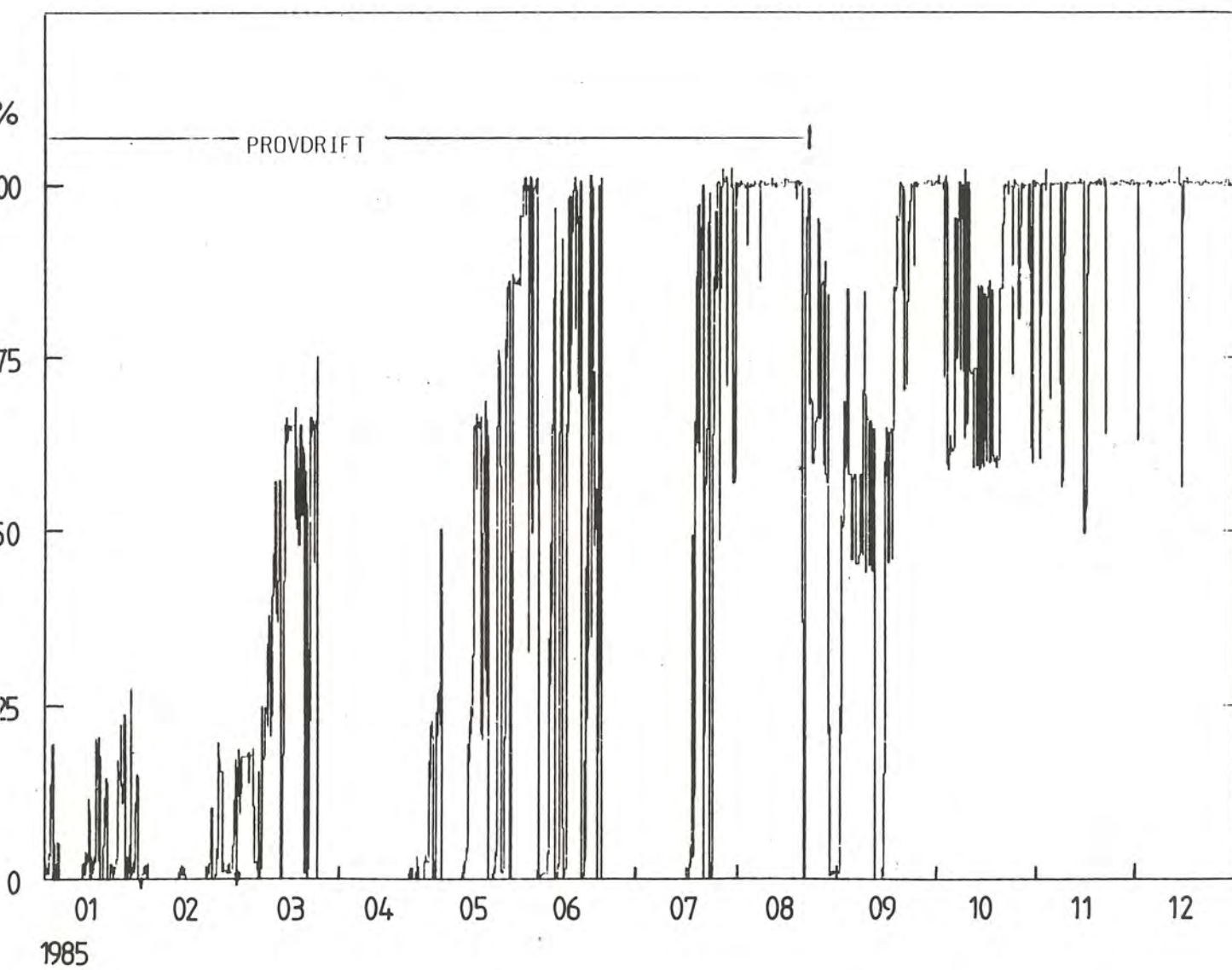
Reservutskovet

## Öppet

1985-01-11--1985-01-11  
1985-04-12--1985-04-16  
1985-04-23--1985-04-24  
1985-05-04--1985-05-06  
1985-05-20--1985-05-21  
1985-07-23--1985-07-30  
1985-10-28--1985-10-31

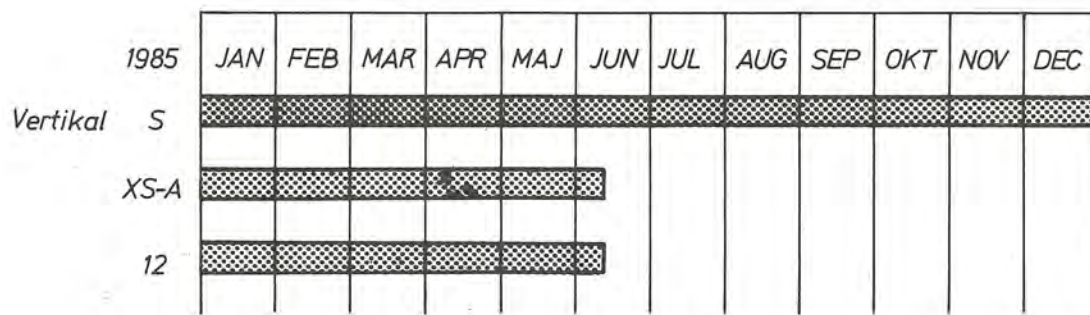
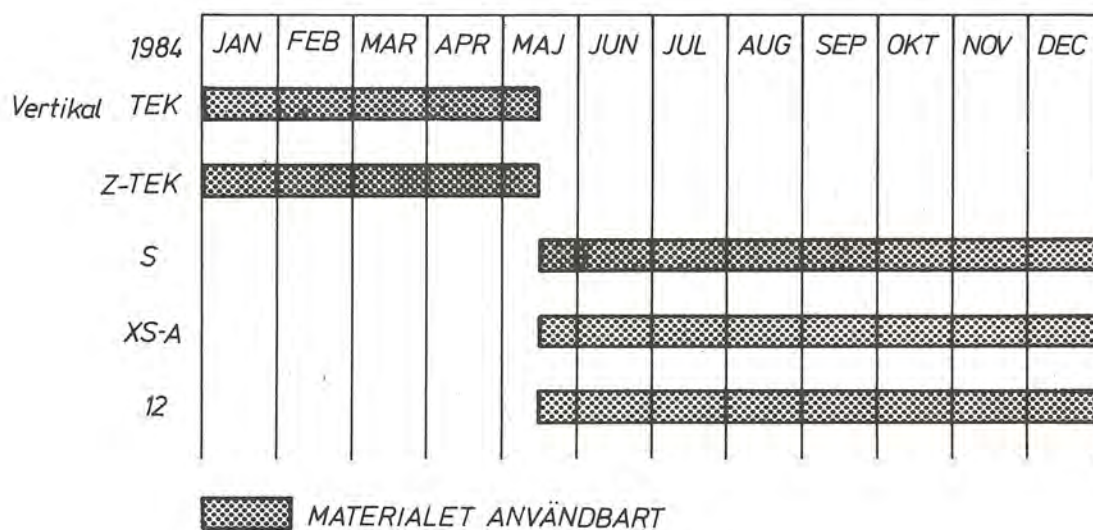


## FORSMARK III - DRIFTHISTORIK



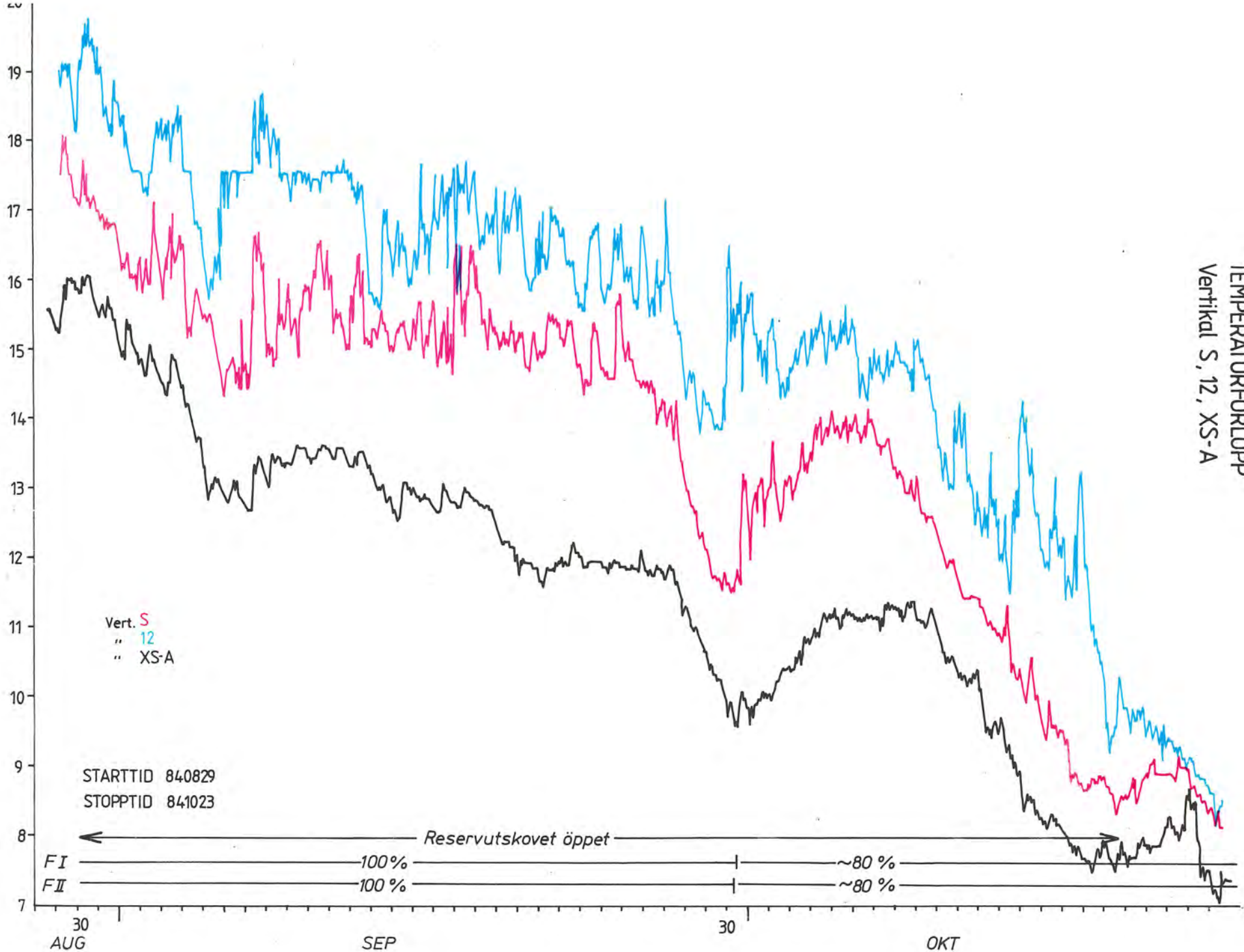


Automatiskt registrerande instrument  
Mätperioder och dataåterbäring

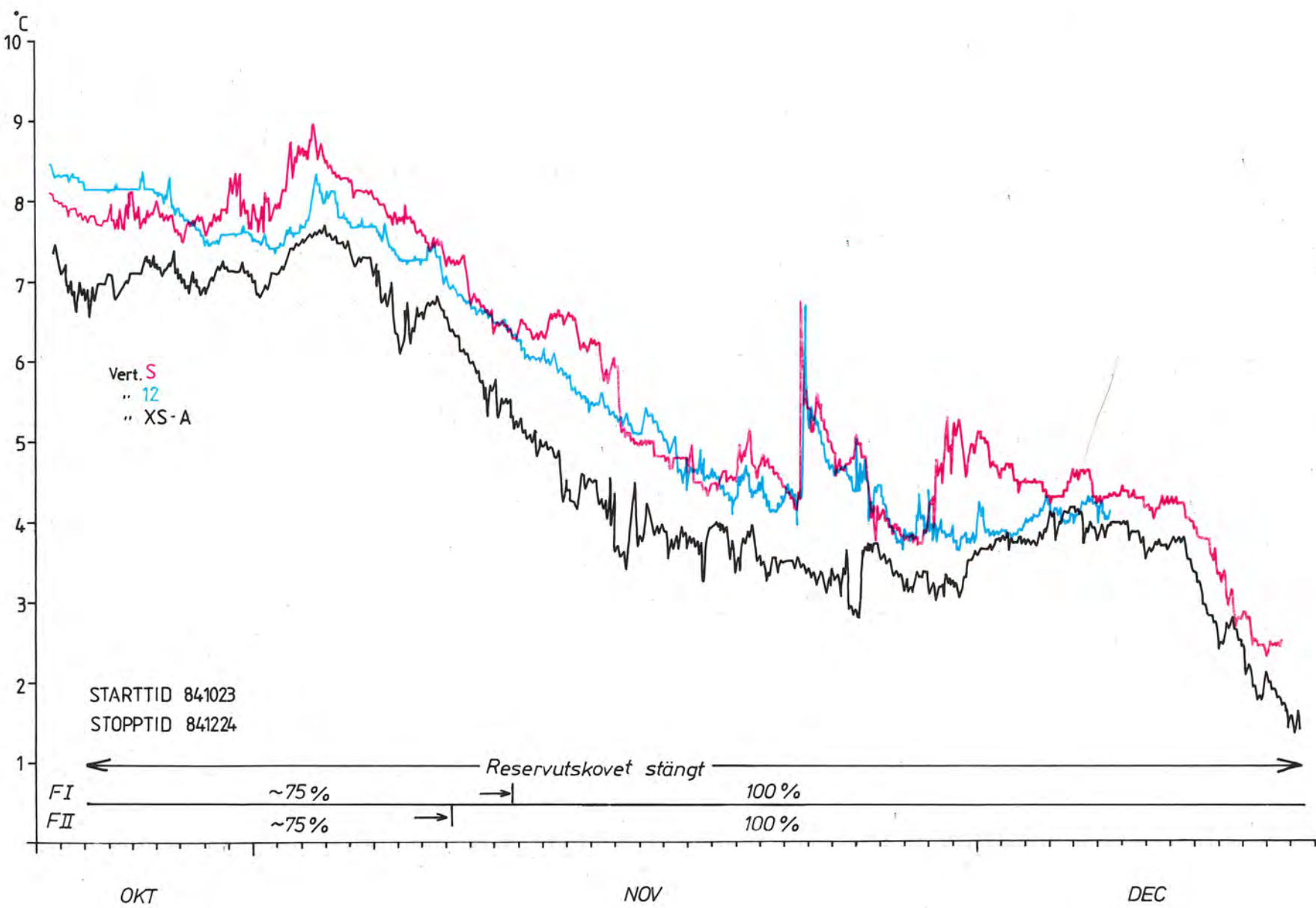




TEMPERATURFÖRLOPP  
Vertikal S, 12, XS-A

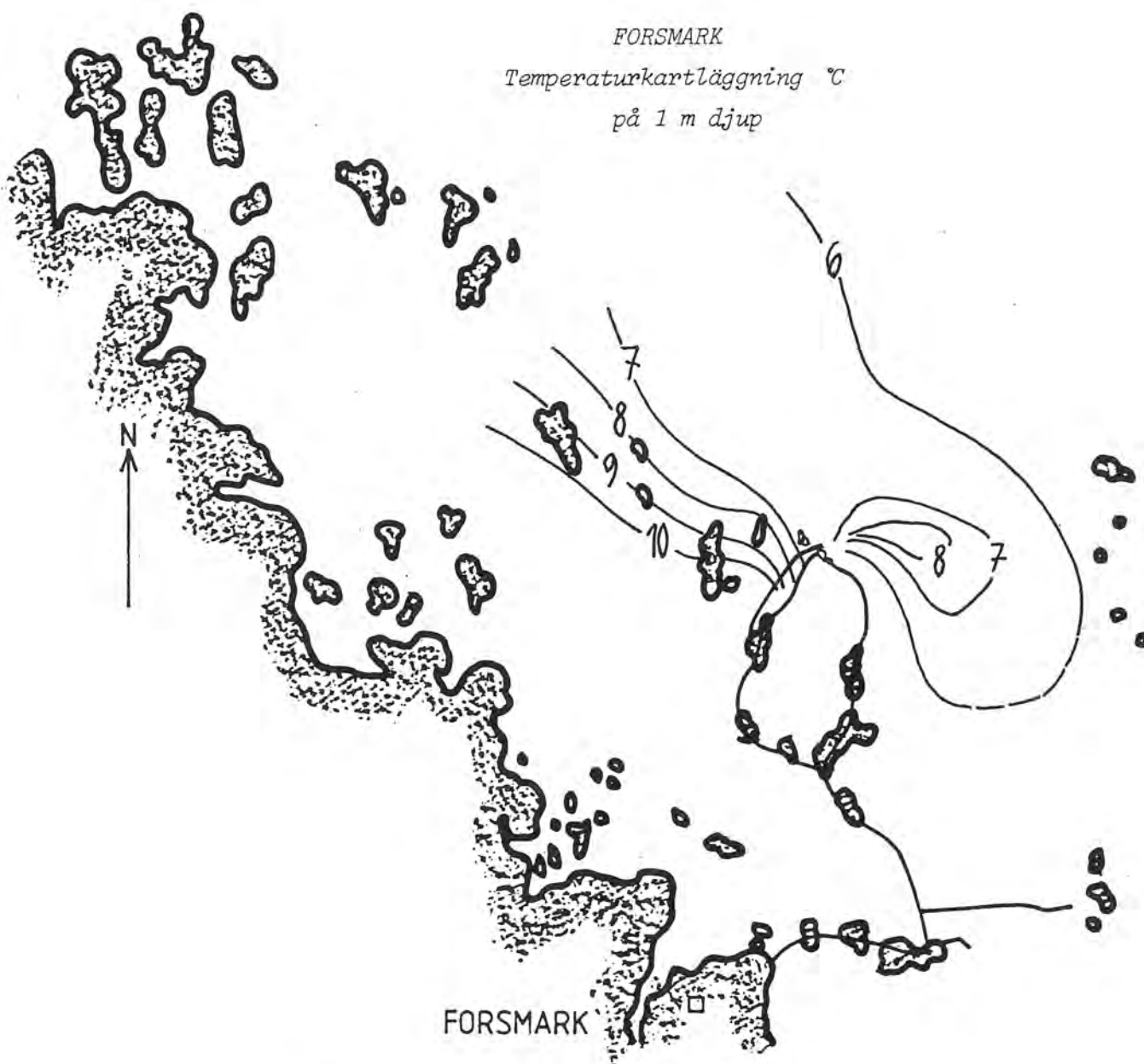






TEMPERATURFÖRLÖPP  
Vertikal S, 12, XS-A





Vindriktning: NNO

Vindhastighet: 4 m/s

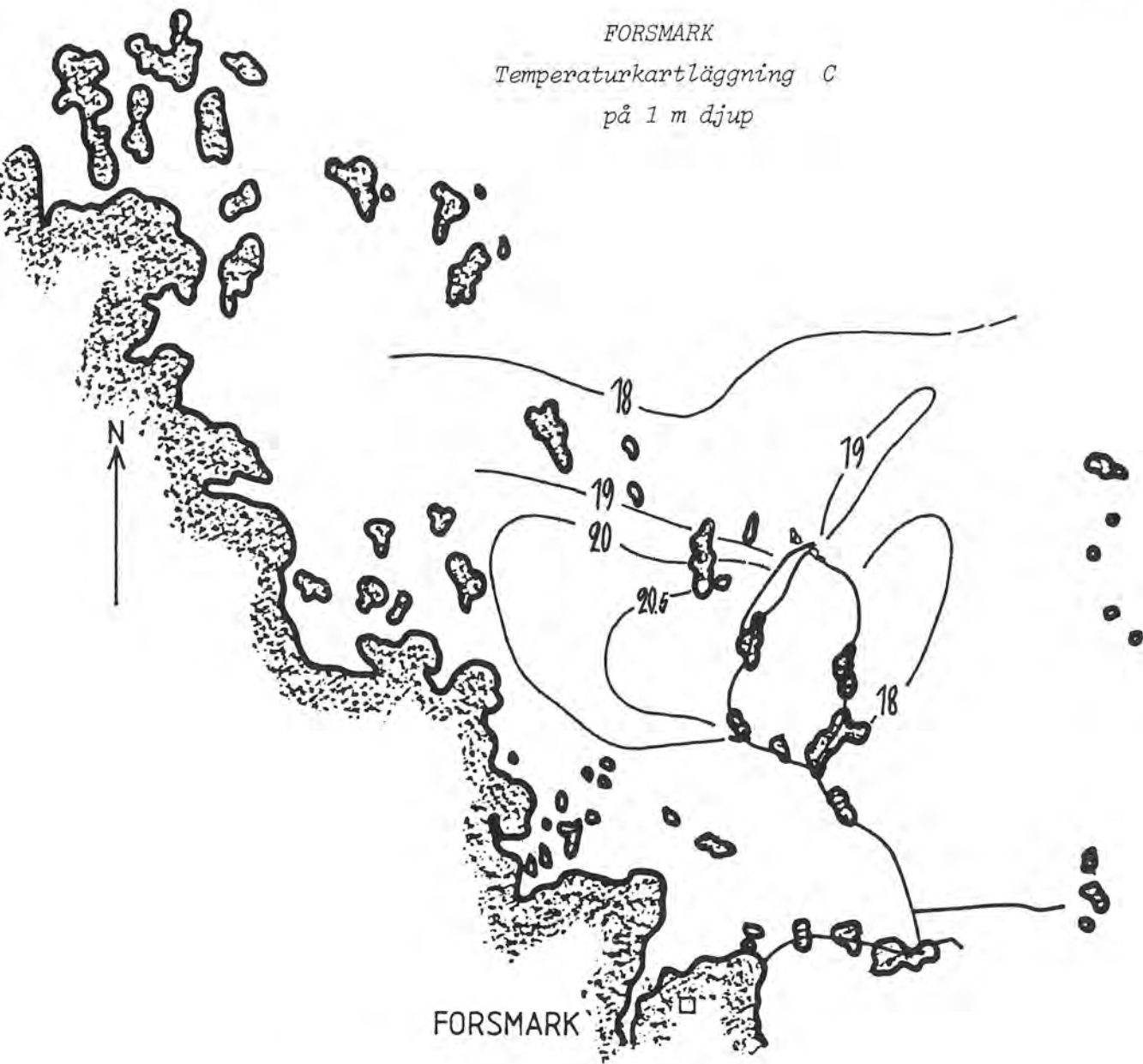
Effekt  $\left. \begin{matrix} F1 \\ F2 \\ F3 \end{matrix} \right\}$  ca 70 %

Datum: 84-05-06

Skala  $\overline{\quad\quad\quad}$  0 1 2 km

Reservutskovet ☒ öppet ☐ stängt





Vindriktning: S

Reservutskovet ☒ öppet ☐ stängt

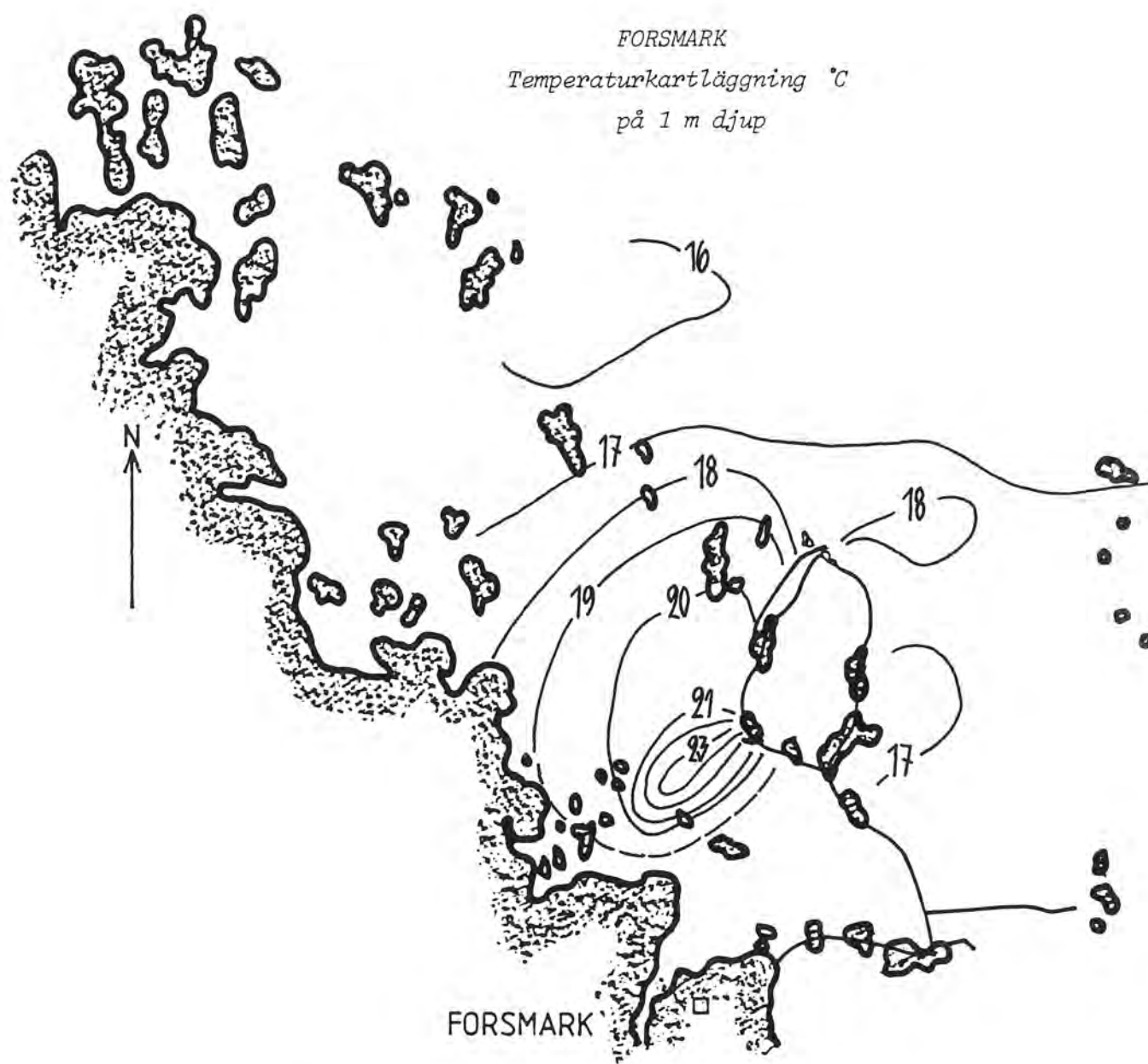
Vindhastighet: 3 m/s

Effekt  $\left. \begin{matrix} F1 \\ F2 \\ F3 \end{matrix} \right\}$  ca 90 %

Datum: 84-08-16

Skala 0 1 2 km





Vindriktning: N

Reservutskovet ☒ öppet ☐ stängt

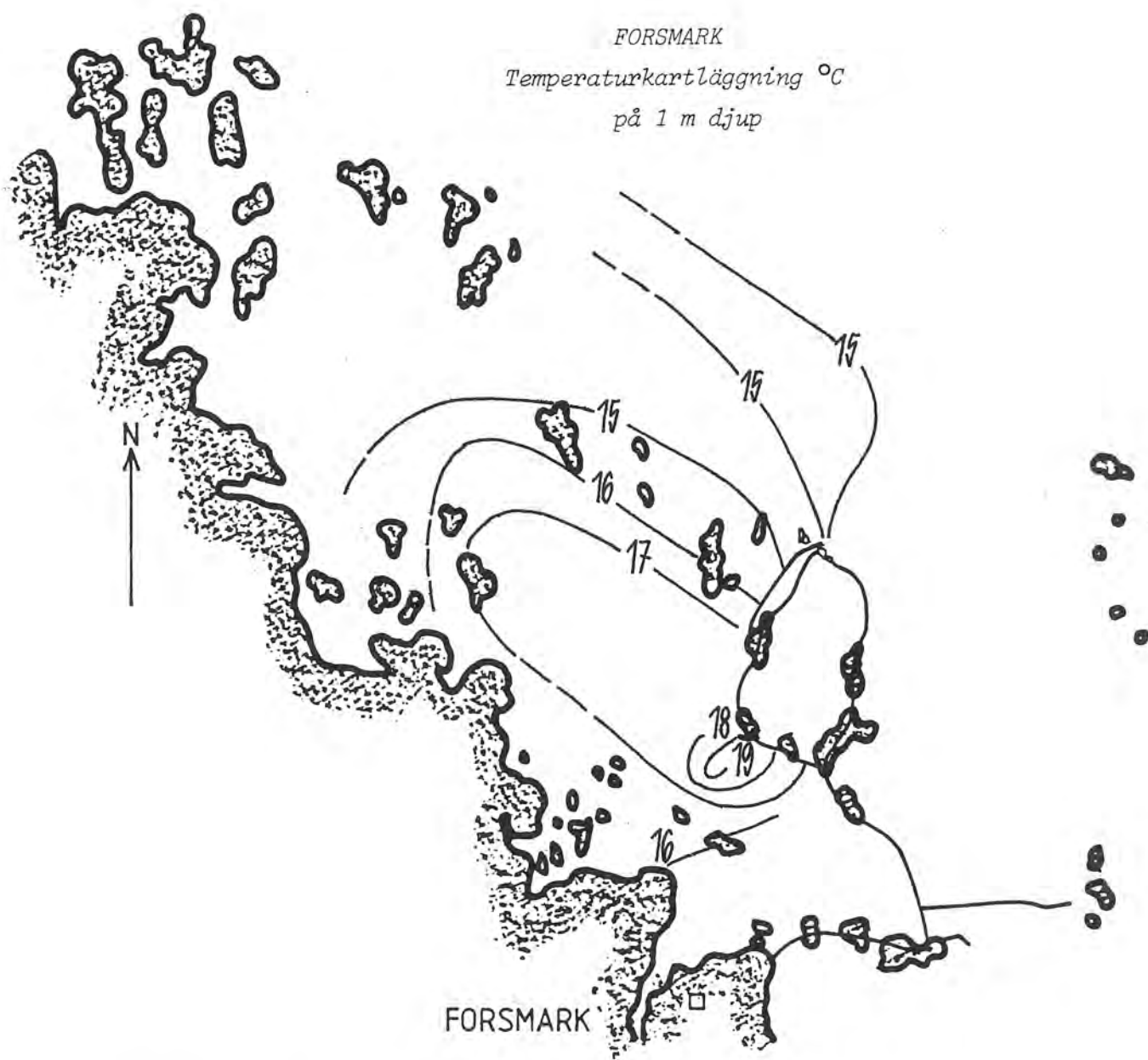
Vindhastighet: 3 m/s

Effekt  $\left. \begin{matrix} F1 \\ F2 \\ F3 \end{matrix} \right\} \approx 90 \%$

Datum: 84-08-26

Skala  $\overline{0 \quad 1 \quad 2 \text{ km}}$





Vindriktning: 50

Vindhastighet: 11 m/s

Effekt  $\begin{matrix} F1 \\ F2 \\ F3 \end{matrix} \} \text{ca } 100 \%$

Datum: 84-09-10

Skala  $\begin{matrix} 0 & 1 & 2 \end{matrix} \text{ km}$

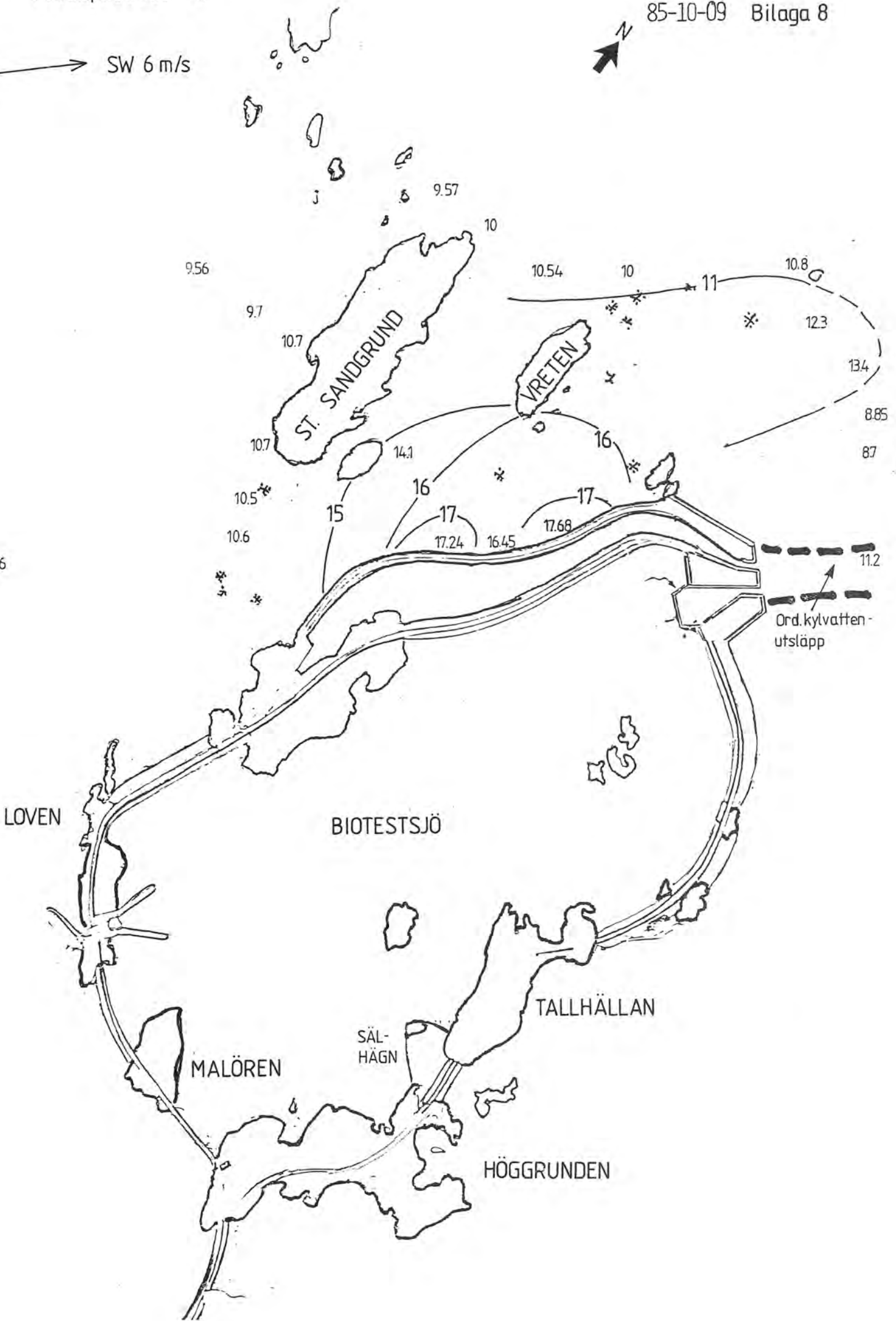
Reservutskovet ☒ öppet ☐ stängt



Yttemperatur °C

85-10-09 Bilaga 8

SW 6 m/s



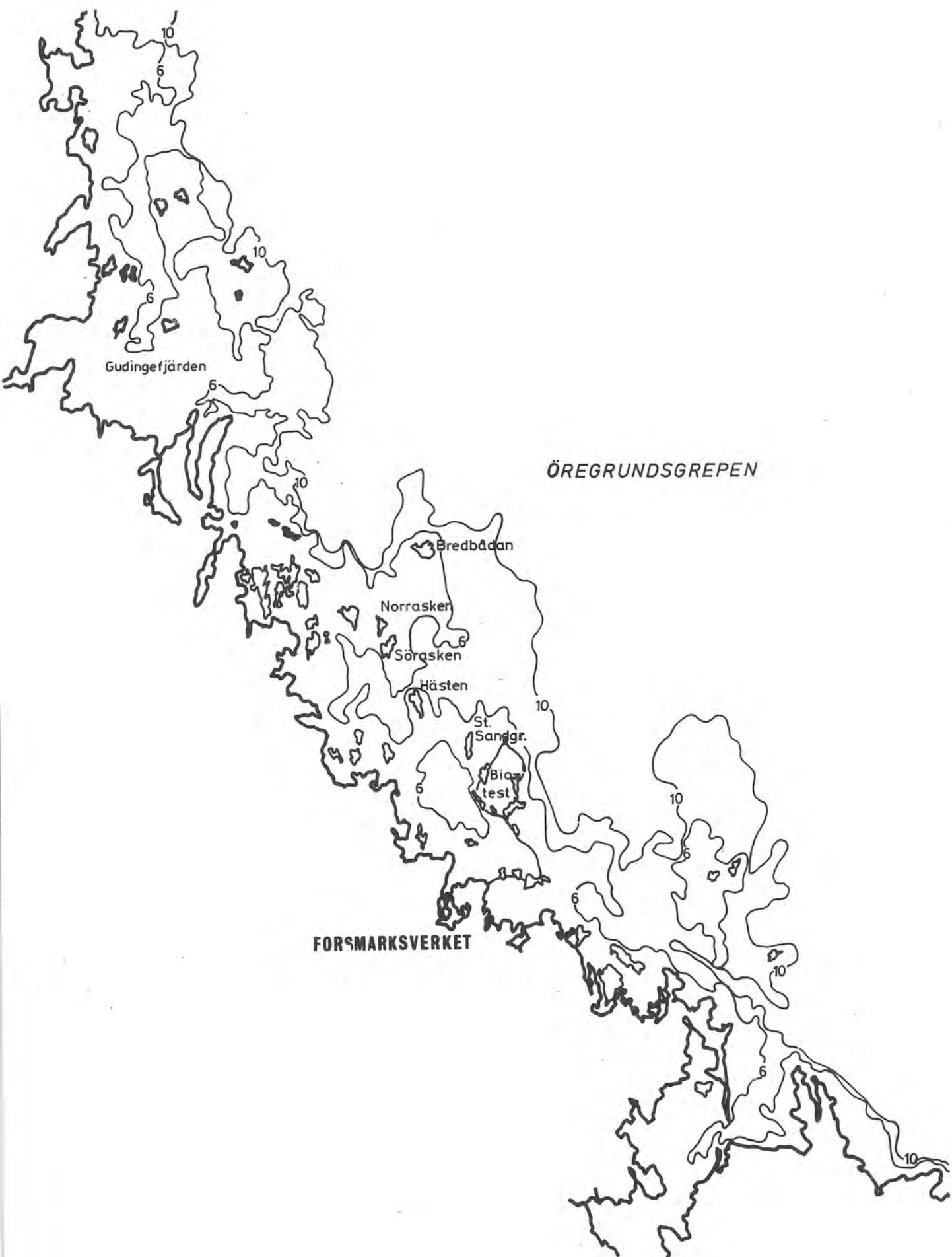


Gråsäl finns i sälhägnen  
vid Biotestsjön.



Göran Hansson/N







Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut  
601 76 Norrköping. Tel 011-15 80 00. Telex 64400 smhi s.