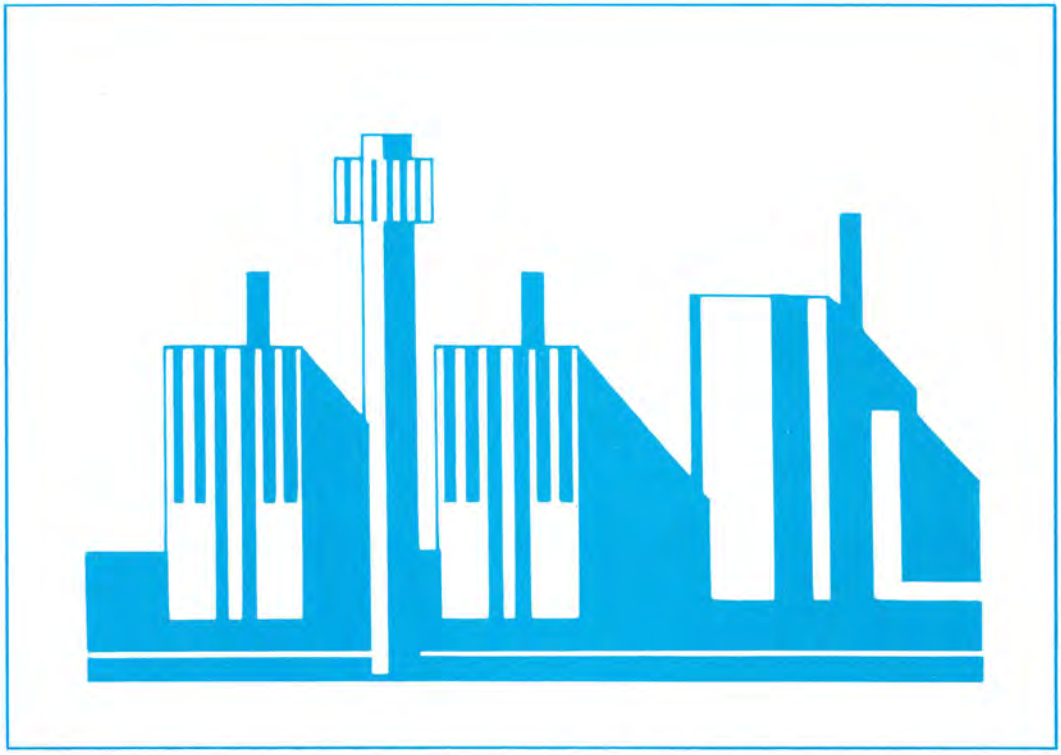
SMHI OCEANOGRAFI
Nr 37, 1990



SMHI:s UNDERSÖKNINGAR UTANFÖR FORSMARK 1989

Ritarbete: Eva-Lena Ljungqvist
Utskrift: Tarja Tuhkala

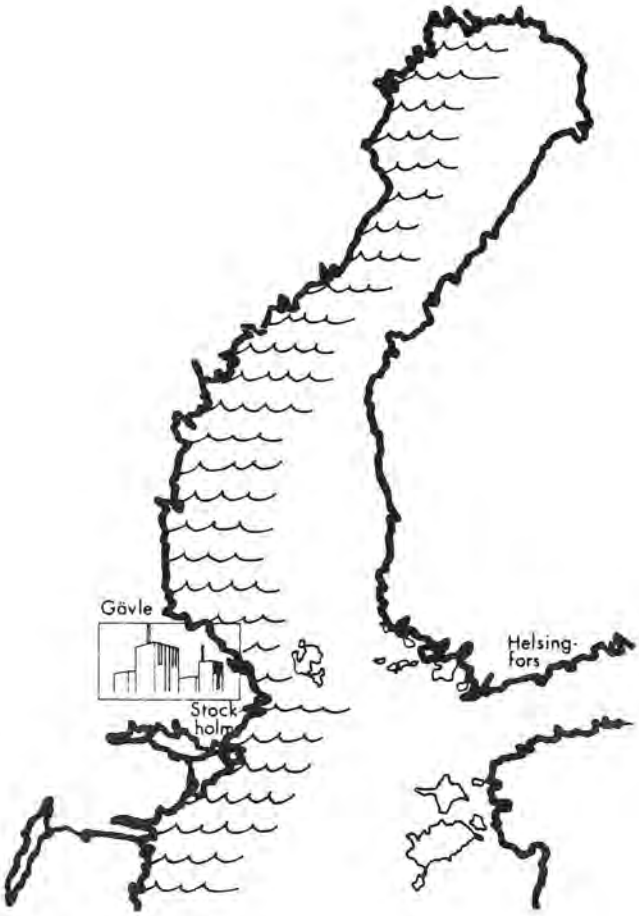
SMHIs tryckeri, Norrköping 1990

SMHI OCEANOGRAFI
Oceanografiska sektionen

Nr 37, 1990

SMHI:s UNDERSÖKNINGAR UTANFÖR FORSMARK 1989

Jan Andersson och Robert Hillgren



INNEHÅLL

		sid
1.	Sammanfattning	1
2.	Driftsförhållanden, mätprogram och dataåterbäring	2
3.	Resultat	
	a) Tre-blocksdriften	6
	b) Isförhållanden	9
	c) Temperaturen i skärgårdsområdet	10
	d) Satellitbildsinformation	12
4.	Referenslista	17

Bilagor:

Driftshistorik	Bilaga 1a
Reservutskovets utnyttjande	Bilaga 1b
Temperaturkarteringar	Bilaga 2a - d
Temperaturförlopp vertikal S	Bilaga 3a - d

Karta: Se pärmens bakre insida.

Sammanfattning

Kontrollprogrammets målsättning har varit

- att kartlägga kylvattenutbredningen under treblocksdrift och att utnyttja satellitbildsinformation för att få en viss uppfattning av den diffusa spridningen.

- kontroll av vattenområdet utanför F3:s kylvattenkanal (tidigare läckaget).

- följa upp effekthöjningen av F3.

- kontinuerligt följa temperaturen vid vertikal S i skärgårdsområdet.

Under 1989 kan kraftverkets drift betraktas som normal med avseende på kylvattenflöde och värme. Bortsett från revisionsperioderna har reaktoreffekten sommartid varierat mellan cirka 50 - 90 %, och under övriga delen av året cirka 100 %.

Reservutskovet har utnyttjats sammanlagt cirka 1.5 månader, vilket är ungefär hälften av tiden jämfört med 1988.

Effekthöjningen av F3 har skett med cirka 10 %.

Kommentarer:

* Treblocksdriften har inneburit avkylningsytor med övertemperaturer större än 1 °C av storleksordningen 5 - 10 km^2. Det är jämförbart med förhållandena under 1988. Den diffusa spridningen har vid minst ett tillfälle nått till områdena strax väster om Gräsö. Däremot finns inga indikationer på att skärgårdsområdet väster om Biotesten påverkats i någon större utsträckning.

  Övertemperaturen i plymens inre delar, 1 km från utsläppet har vid full drift uppgått till 3 - 4 °C och här har temperaturskillnaderna mellan ytan och botten varit störst, 2 - 3 °C.

* Utanför F3:s kylvattenkanal finns inga spår av det tidigare läckaget.

* Effekthöjningen av F3 har inte kunnat dokumenterats eftersom variationerna i avkylningsytor och temperaturer varit så stora.

* Temperaturutvecklingen sommartid visar att ett betydande vattenutbyte ägt rum då och då i skärgårdsområdet väster om Biotesten. Utbytet har omfattat hela vattenvolymen och kan ha skett på några dagar upp till en vecka.

SMHI:s UNDERSÖKNINGAR 1989

Driftsförhållanden

Under år 1989 kan kraftverkets drift betraktas som normal med avseende på kylvattenflöde och värme. Samtliga tre block har haft ett högt driftsutnyttjande (se bilaga 1a).

Kylvattnet från F 1 och F 2, som på sin väg genom kraftverket uppvärms cirka 10 °C, passerar Biotestanläggningen innan det når ut i Grepen. Tidigare år har reservutskovet måst utnyttjas frekvent på grund av igensättning av fiskspärren i utloppet med tilltagande vattenståndshöjning i Biotestsjön som följd. Största delen av kylvattnet (90 m^3/s vid full drift) har då släppts ut i skärgårds-området väster om Biotesten. Efter installation av rensmaskin 1985 har emellertid tiderna för reservutskovets utnyttjande avsevärt nedbringats.

1989 användes reservutskovet vid 16 tillfällen under sammanlagt cirka 1 1/2 månad - jämfört med cirka 3 månader under 1988.

Kylvattnet från F 3 går i en tunnel ut till Lilla Sandgrund och leds sedan via en öppen kylvattenkanal längs Biotestvallen till utloppet.

Det totala kylvattenflödet från tre block vid full drift är cirka 3 x 45 m^3/s = 135 m^3/s, med en övertemperatur på cirka 10 °C.

Under 1989 skedde en effekthöjning på F3 med cirka 10 %.

Mätprogram

Nedan redovisas samtliga mätinsatser gjorda under 1989. Översiktskartor finns i figur 1a och 1b (sida 4 - 5).

Kontinuerliga mätningar

Tidsperiod	Mätinsats	Kommentarer
jan - dec	temperaturmätning på flera djup i vertikal S	övervakning av eventuell långsiktig uppvärmning av skärgårdsområdet
jan - dec	pegel i Forsmarkshamn	registrering vattenstånd

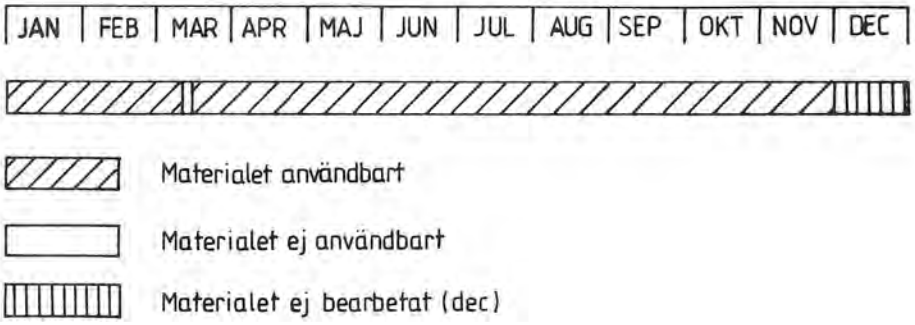
Övriga mätningar

islagd period	iskartering	övervakning av isutbredning i utsläppsområdet
isfri period	manuella plymkarteringar i utloppsområdet (temperaturmätning i ett sextiotal punkter)	kontroll av kylvattnets spridning

Ett 30-tal satellitbilder "quick looks" har erhållits, varav en med full treblocksdrift har bearbetats vidare.

Dataåterbäring

AUTOMATISKT REGISTRERANDE TEMPERATURMÄTARE I VERTIKAL S



ÖVERSIKTSKARTA

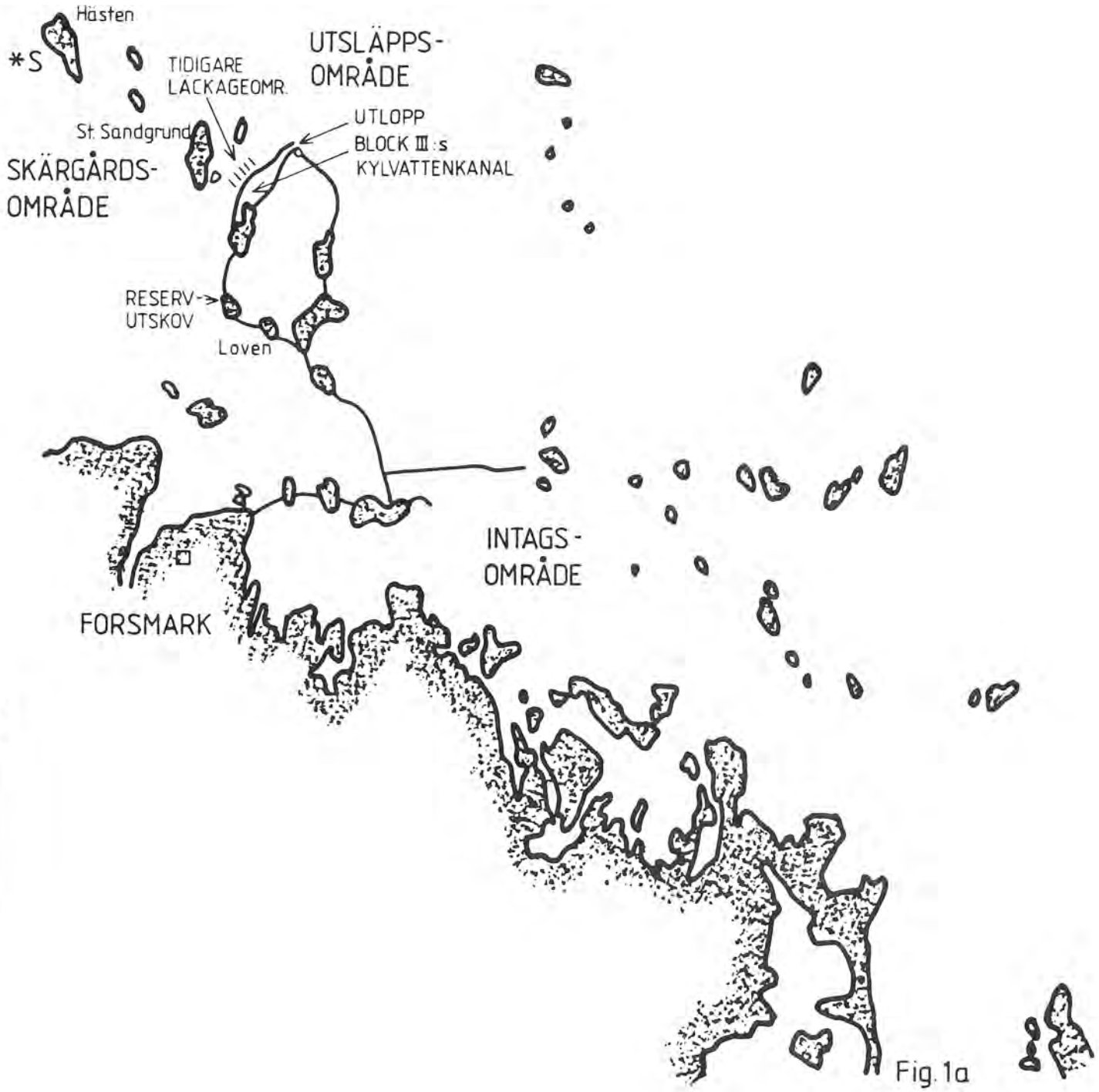


Fig. 1a

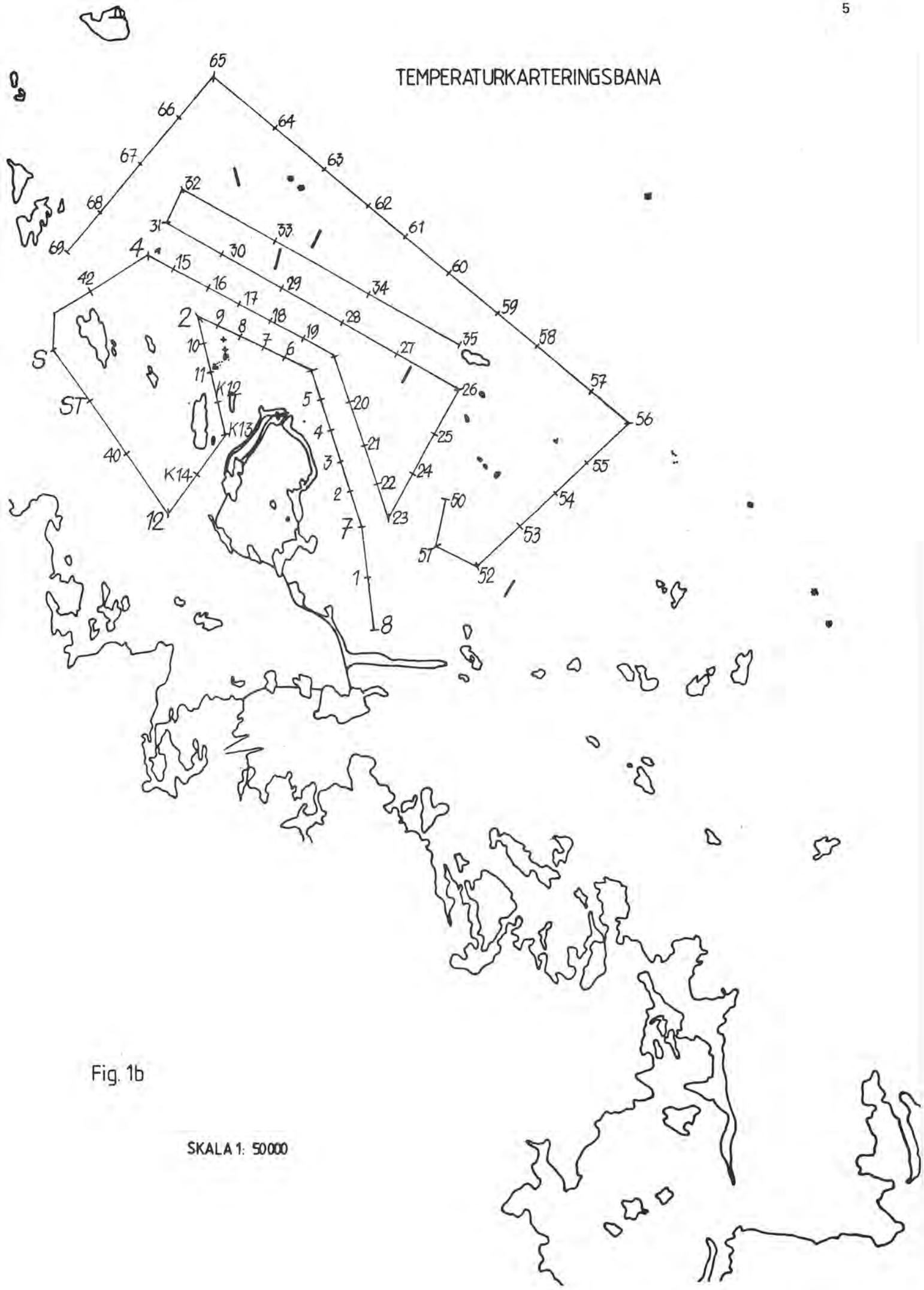


Fig. 1b

SKALA 1: 50000

RESULTAT

Treblocksdriften

Under den isfria delen av året har plymkarteringar genomförts vid totalt 7 tillfällen.

Avgörande för valet av mättillfällen har varit att följande förutsättningar skall vara uppfyllda samtidigt.

- Satellitpassage med molnfritt väder.

- Driftssituationen - om det sammanlagda kylvattenflödet varit minst 108 m^3/s, vilket motsvarar minst 75 %:s drift på varje block räknat efter effekthöjningen.

Av kylvattnet påverkad vattenyta definieras, en sådan som med säkerhet kan identifieras med en temperatur större än 1 °C i förhållande till omgivningen på 1 m djup. Denna definition har valts för att i möjligaste mån kunna utesluta den temperaturpåverkan som kan vara orsakad av naturliga temperaturvariationen.

Driften vid de olika mättillfällena har fördelat sig enligt följande:

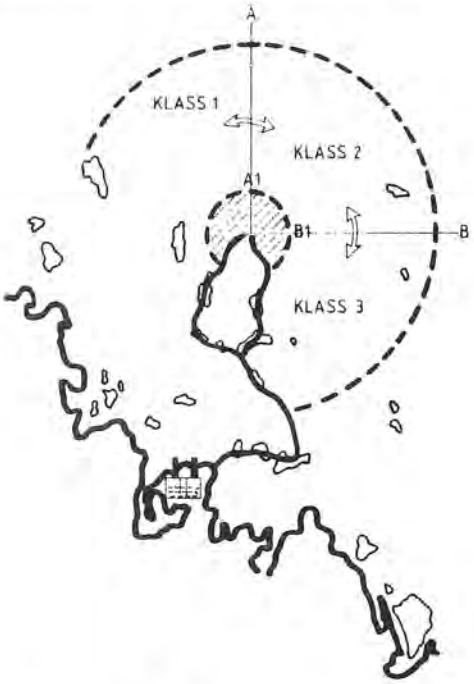
Sammanlagd drift, tre block	100 %	99-90 %	89-75 %	<75 %
Antal mättillfällen	3	1	1	2

Omgivnings- eller bakgrundstemperaturen har definierats som medeltemperatur från minst 2 av 4 ytterpunkter i temperaturkarteringsbanan som ej är påverkade av kylvattenplymen.

Klassindelning med avseende på kylvattenplymens huvudriktning är enligt vidstående tabell

Klass	1	2	3
Antal	2	3	2

Gränsfall har hänförts till den klass som större delen av plymen befinner sig i.



Figur 2a

Plymernas huvudklasser

Motsvarande något grova indelning av plymklasser har även erhållits vid tvåblocksdrift.

Temperaturkarteringarna ger följande plymytor, uttryckt i km^2.

	Medelvärde	Max värde	minsta värde
5 tillfällen >75 % drift	8.9	10.3	5.0

medeldrift
93 %

Extrapolering har gjorts vid de mättillfällen då hela plymytan inte täckts in av karteringsbanan med hänsyn till konstaterade temperaturgradienter och vindar.

Bilagorna 2 a - d redovisar typiska kylvattenutbredningar vid några olika vindsituationer. Ytorna med övertemperaturer av minst 1 °C är ofta väldefinierade, och med en skarp gradient på lovartsidan. I plymens inre del är övertemperaturen 3 - 4 °C.

Vid de sju observationstillfällena under 1989 varierade ytornas storlek mellan 5.0 och 10.3 km^2. Föregående år genomfördes ungefär dubbelt så många kartläggningar och då var motsvarande ytor 7.9 - 13.5 km^2. Vid ett tillfälle observerades t o m en utbredning med minst 1 °C övertemperatur inom ett 16 km^2 stort område. Förutom driftsförhållandena är det främst vind- och skiktningsförhållandena som påverkar ytornas storlek.

Genom att variationerna är så stora som redovisats ovan har vi därför inte kunnat iaktta den under 1989 genomförda effekthöjningen på 10 % vid F3.

För att få en uppfattning om vilka områden som någon gång under året är påverkade av kylvatten med övertemperaturer mer än 1 °C har vi sammanställt de sju mättillfällena i nedanstående figur. Ytan är cirka 28 km^2. 1988 var motsvarande yta 32 km^2.

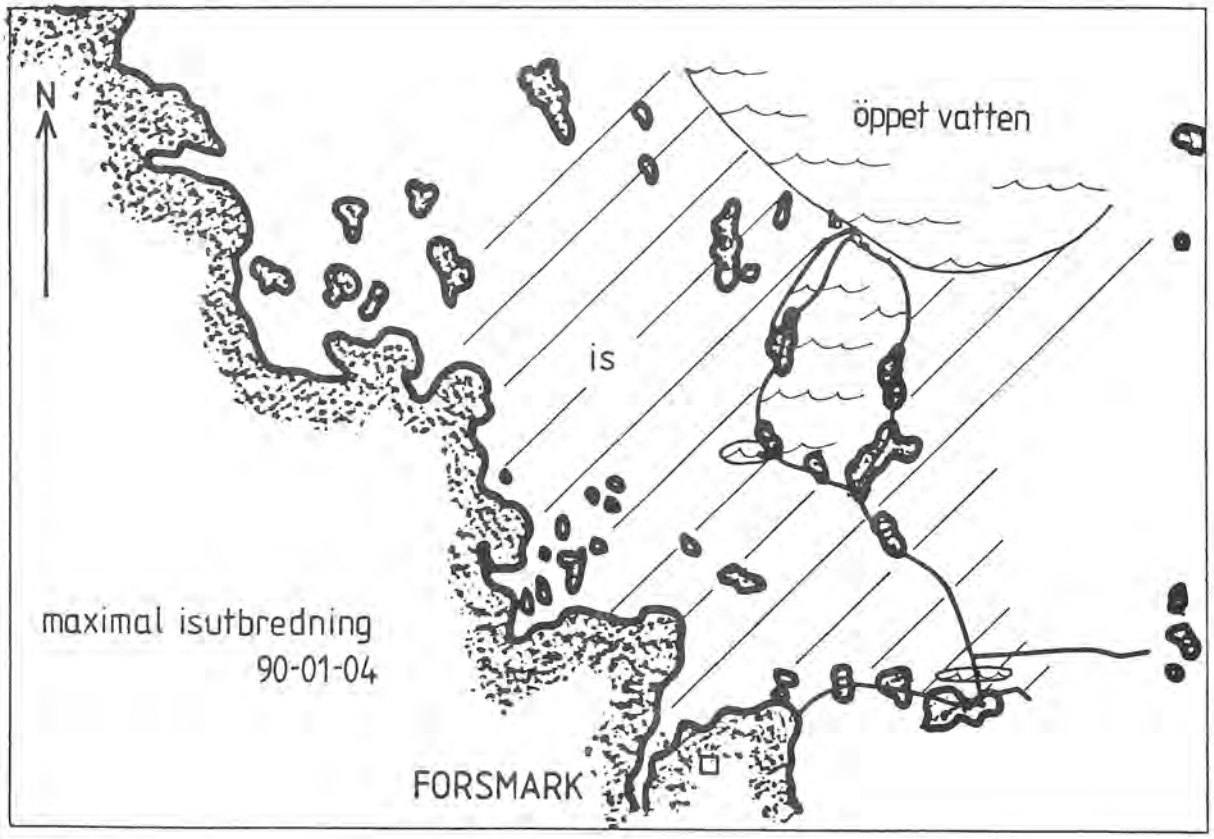
Figur 2b

Isförhållandena 1988 och 1989

De milda vintrarna 88/89 och 89/90 innebar en mycket begränsad isutbredning i området.

Isläggningen under 1988 skedde i skärgårdsområdet omkring den 25 november med en maximal utbredning en vecka senare. Då var större delen av skärgårdsområdet väster om Biotesten islagd. Redan den 23 februari -89 var området helt isfritt.

Omkring Luciatid -89 iakktogs den första isen i skärgårdsområdet med ungefär samma utbredning som föregående år. På nyåret -90 observerades den maximala utbredningen, illustrerad i figuren nedan. Den 15 februari rapporterades isfritt i hela området.



Figur 2c

Temperaturen i skärgårdsområdet - vattenutbytet

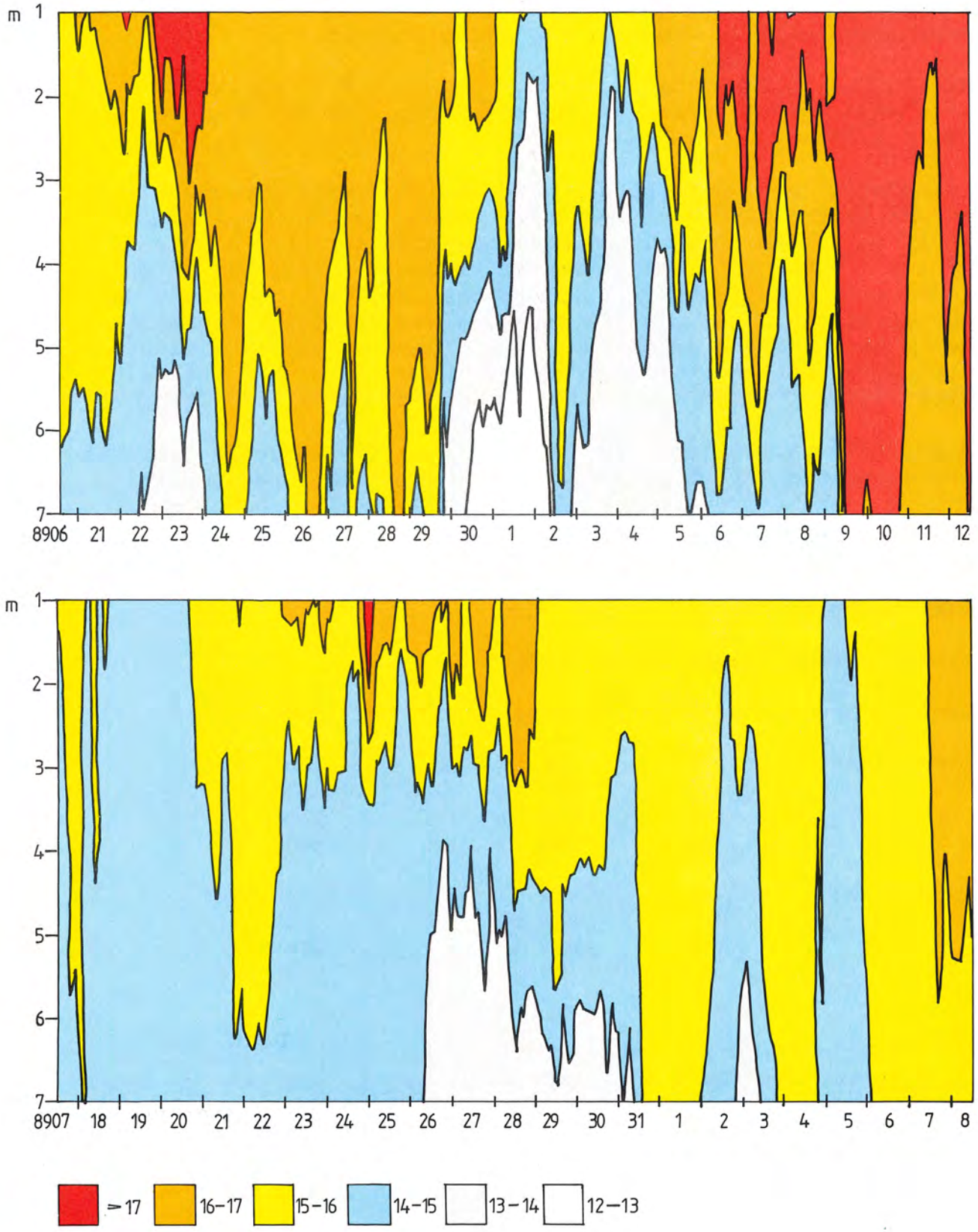
Temperaturmätning har pågått i vertikal S under hela året. Bilagorna 3:a - d visar temperaturutvecklingen på 1 respektive 7 m. Den 22 juni registrerades den högsta årstemperaturen på 1 m djup (19.5 °C), och den lägsta -0.5 °C, 1989-01-09 på 7 m djup.

Figur 3 (motstående sida) visar temperaturutvecklingen i vertikal S under de perioder när den största temperaturskiktningen förekom under året, d v s medio juni - medio augusti. Temperatursprångskiktets nivåändringar i tiden indikerar att betydande vattenutbyte sker i skärgårdsområdet. Utbytet, som omfattar nästan hela vattenvolymen vid vertikal S, är vindstyrt av i huvudsak från- och pålandsvind. Vattenutbytet har skett på 1 - 2 dygn och upp till cirka 1 vecka. (Se perioderna 22 - 23 juni, 29 - 30 juni, 1 - 3 juli samt 7 - 9 juli 1989.

Beträffande det tidigare kylvattenläckaget utanför F3:s kanal kan man konstatera att varken is- eller temperaturobservationer har visat spår av läckage.

Fig. 3

TEMPERATURUTVECKLINGEN I VERT. S



Satellitbildsinformation

Enligt mätprogrammet ska satellitbildsinformation utnyttjas som komplement till de manuella plymkarteringarna.

Satelliten "LANDSAT-5" passerar i sin bana över mätområdet var 16:e dygn. Överlappning av banorna medför att det blir en passage var 8:e dygn.

"LANDSAT-5" har en banhöjd på 700 km, en minsta påvisbara temperaturupplösning på 0.5 °C. Den geografiska upplösningen är 120 x 120 m. En så kallad "Quicklook"-bild täckande ett större område cirka 90 x 90 km kan då erhållas mot en mindre kostnad. Denna "Quicklook"-bild duger inte till vidare bearbetning utan är ett underlag för en bedömning om man ska beställa ett betydligt kostsammare och mer arbetskrävande databand med information från satellitpassagen. "LANDSAT-5:s" sensorer förutsätter att det ska vara molnfritt över mätområdet.

Under 1989 har 25 "Quicklooks" erhållits. De manuella temperaturkarteringarna har utförts i samband med satellitpassagerna.

Vid ett tillfälle 1989-10-27 (figur 4) uppfylldes kraven på full treblocksdrift och molnfritt. Satelliten passerad några timmar innan temperaturkarteringen gjordes. Även dagen innan gjordes en temperaturkartering.

Vinddata från Örskär och Biotesten

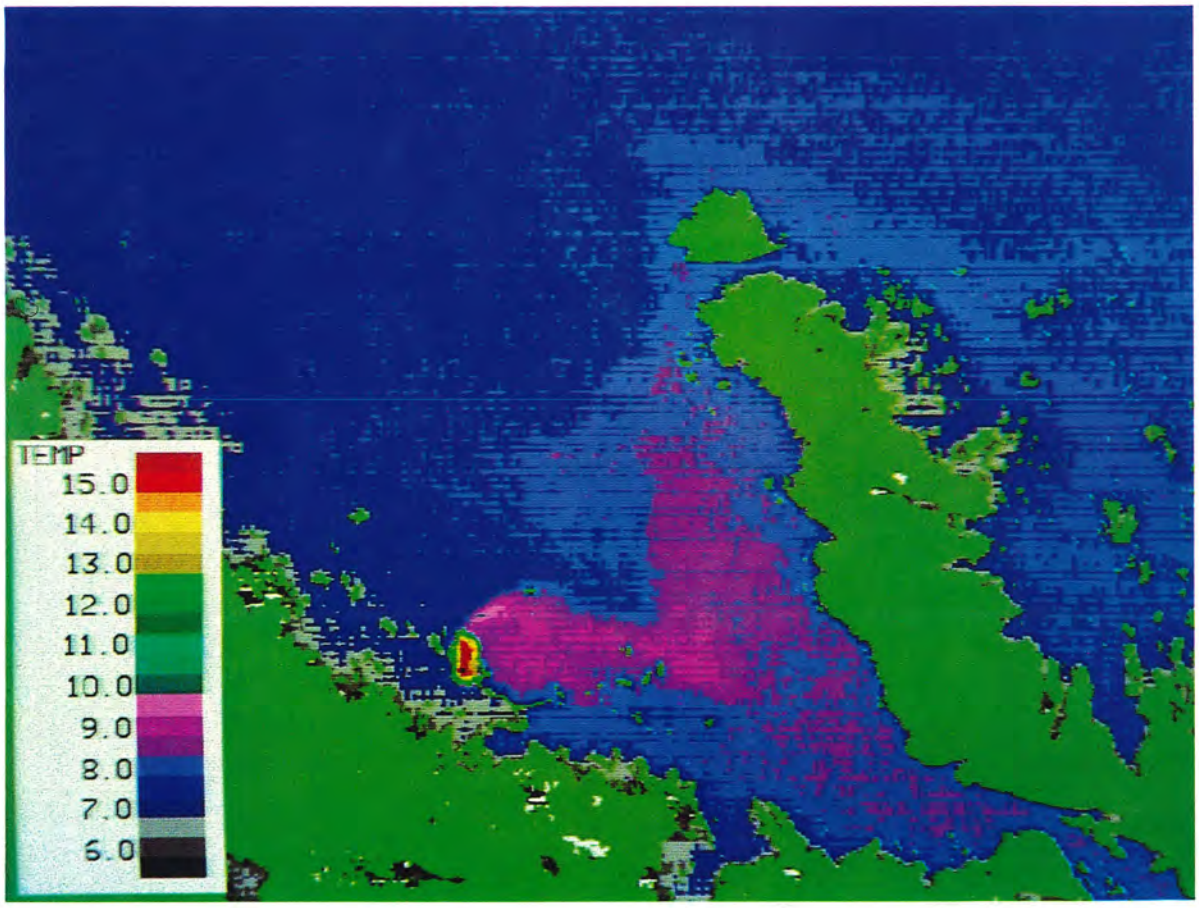
Datum	Kl	Örskär	Biotesten
1989-10-26	01	SW 8 m/s	WSW 9 m/s
	07	WSW 12	WSW 6
	13	WSW 11	WSW 10
	22	WSW 9	WSW 7
1989-10-27	01	WNW 9	W 7
	07	WNW 14	W 9
	13	WNW 10	WNW 6
	22	SW 8	SW 6

Vid jämförelse mellan satellitbild och karteringsbild, figur 6 och 5, uppvisar den förra betydligt större påverkade ytor av kylvatten. Satellitbilden visar påverkan av kylvatten i en stor del av östra Grepen mot Gräsölandet. I större delen av denna påverkade yta är emellertid övertemperaturen mindre än 1 °C, (bakgrundstemperatur 8 °C).

Temperaturmätning från satelliten sker endast i det ytligaste vattenskiktet, någon mm tjockt, information om den vertikala utbredningen erhålls alltså inte.

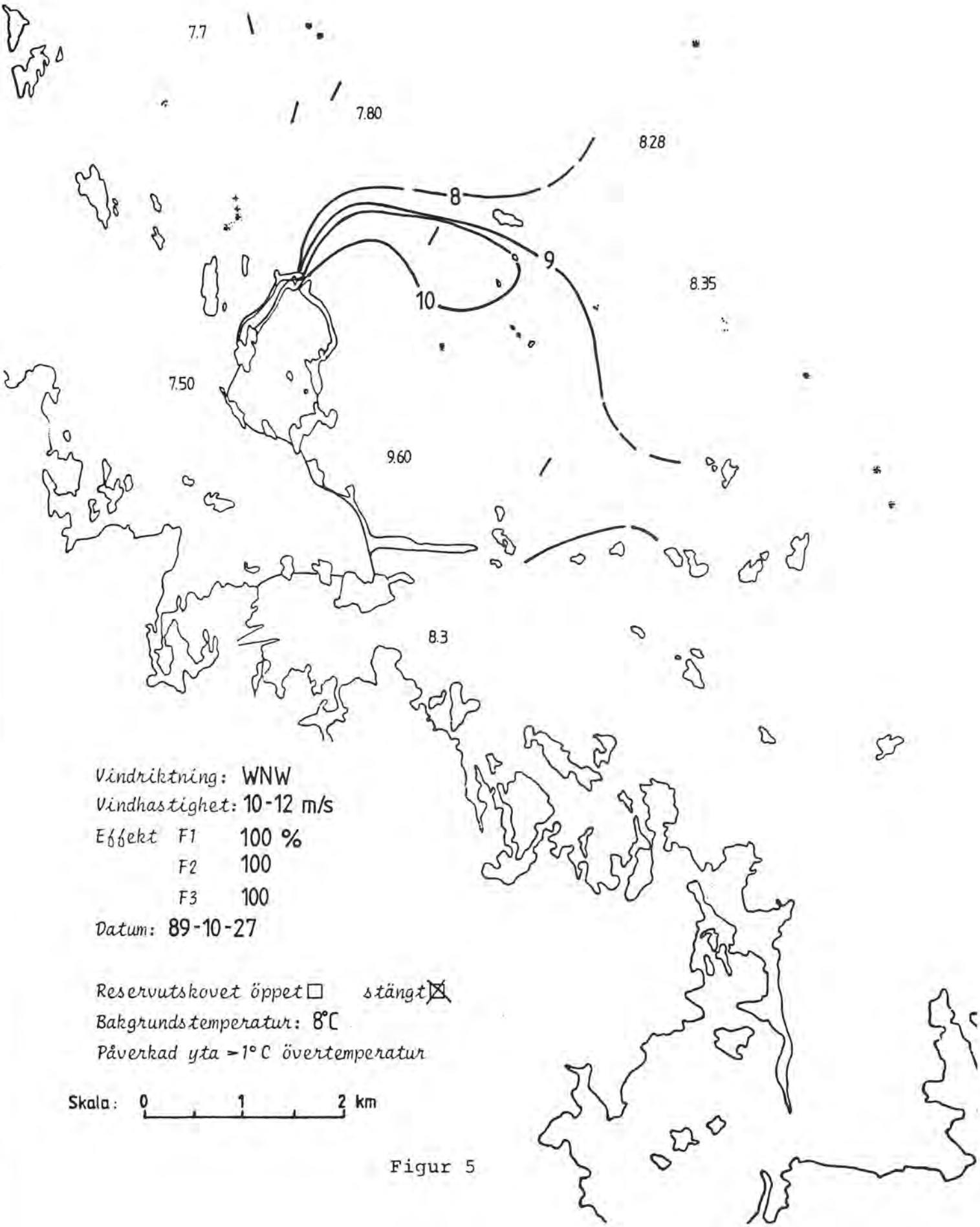
Vindarna i samband med mättillfället och dagarna innan har varit friska 8 - 12 m/s mellan WNW och SW och ytvattnet har transporterats ut och byggt upp en större ytvattenplym. Med de friska vindar som rått före och under mättillfället är det sannolikt att genom omblandning den uppmätta temperaturen är representativ för en större vattenvolym än det tunna millimeterytskiktet.

Gradienten mot omkringliggande vattenområden är svag och tilltagande inblandning märks väl på plymens ostsida.

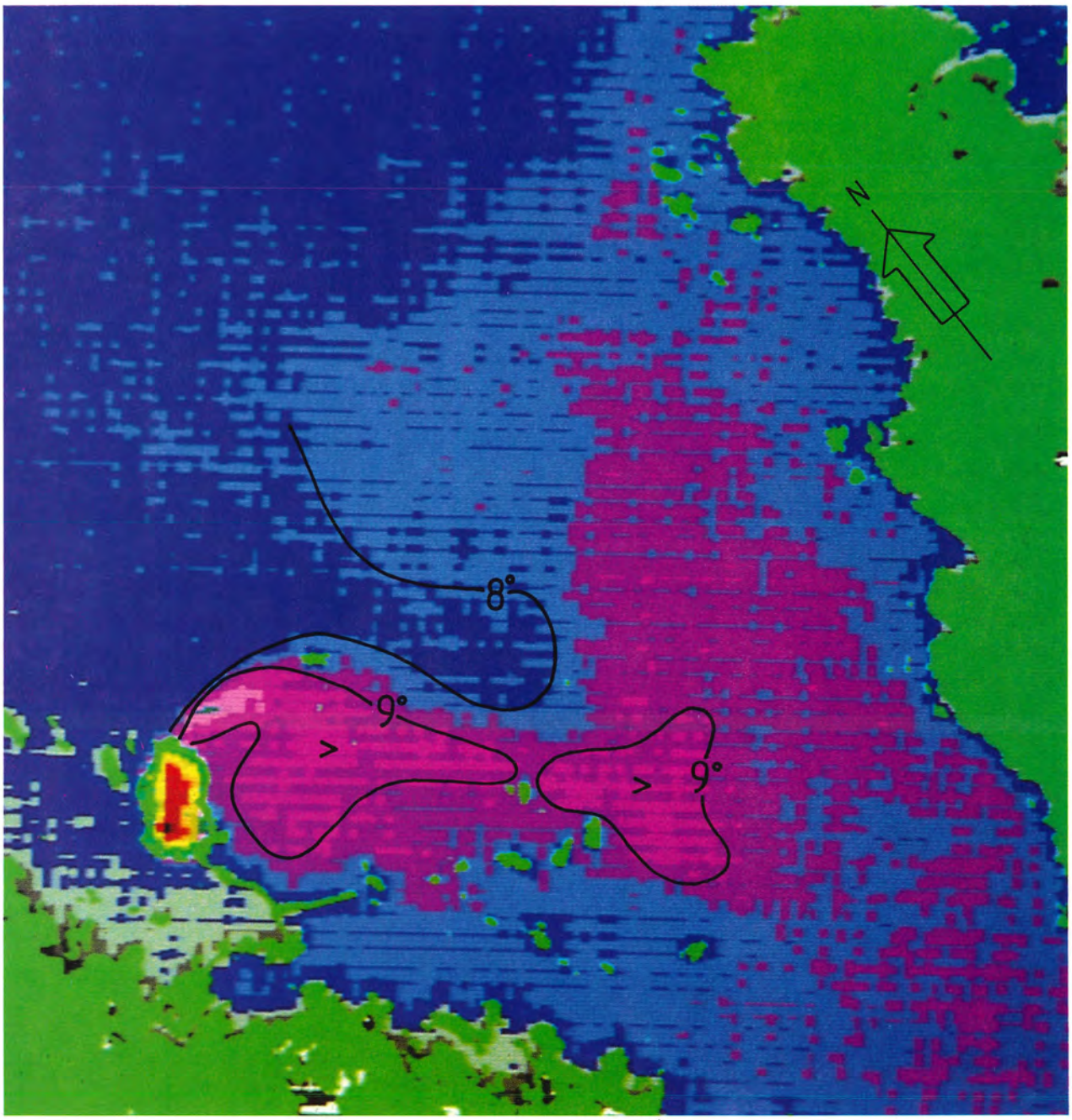


Figur nr 4 Bilden består av den termiska kanalen kalibrerad till ytvattentemperatur. Färgskalan anger temperaturdifferenser i 0.5 °C.

FORSMARK - TEMPERATURKARTLÄGGNING på 1m djup



Figur 5



Figur nr 6 är en vidare bearbetad version av satellitbilden. På grund av satellitbanans lutning är bilden orienterad i 020° (se nord pil). Färgskalan är densamma som i figur 4.

För jämförelse mellan satellitbild och karteringsbild är skalorna cirka 1:90 000 respektive 1:50 000.

Den manuella temperaturkarteringen (figur 5) visar en påverkad temperaturyta på ca 9 km^2.

Dess vertikala påverkan 1 km från utloppet i plymens kärna var följande: 4 °C i ytskiktet, >2.5 °C ned till 4 m, >1.5 °C vid bottnen, allt jämfört med aktuell bakgrundstemperatur.

Vid sjömärket strax norr om Grisselgrund sydost mätpunkt 52 (se figur 1b) var temperaturen cirka 1.5 °C högre än bakgrundstemperaturen i hela vattenmassan.

Om man jämför de båda mätmetoderna, manuell kartläggning och satellitövervakning (figurerna 5 respektive 6), visar det sig att de beräknade ytorna med övertemperaturer 1 °C är av samma storleksordning. Det som skiljer de bägge bilderna åt är att satellitbilden visar att en delning av kylvattenplymen har skett. Norr om holmen Norrskäret har inblandning i ytskiktet skett och "snörpt" av kylvattenplymens varmare kärna.

Den satellitbild som erhölls föregående år (1988-05-10) var av annan karaktär, svaga vindar med i stort sett samma vindriktning under några dygn byggde upp en väl sammanhållen plym med större vertikal utbredning och en större horisontell gradient mot de omgivande vattenområdena.

REFERENSLISTA

SMHIs 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
SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen 1979 - 81.

1985-01-15
SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen perioden 1982 - 1983.

1986-04-22
SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen perioden 1984 - 1985.
SMHI OCEANOGRAFI nr 4, 1986.

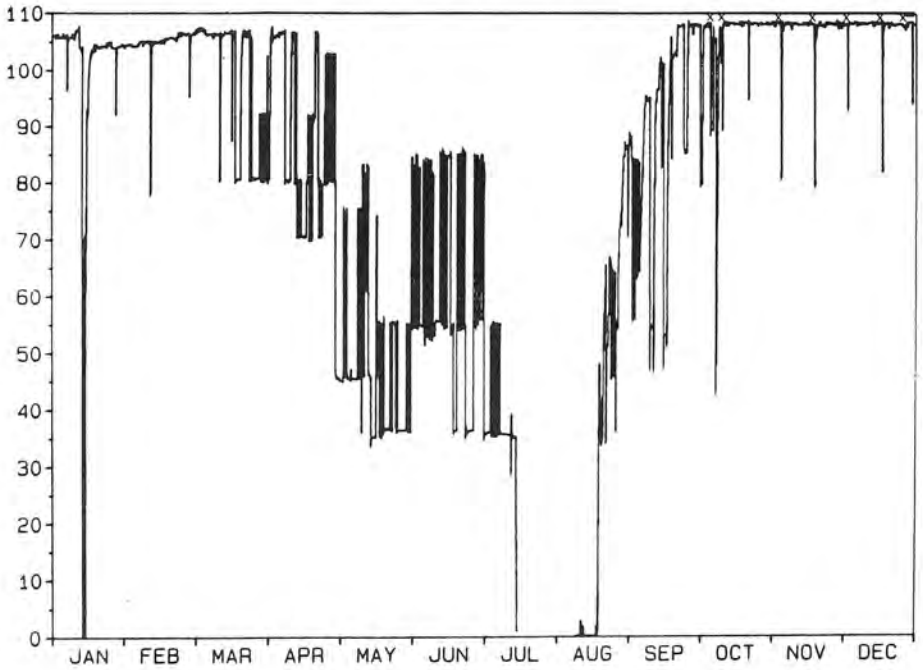
1987-04-28
SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen 1986.
SMHI OCEANOGRAFI nr 13, 1987.

1988-04-29
SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen 1987.
SMHI OCEANOGRAFI nr 24, 1988.

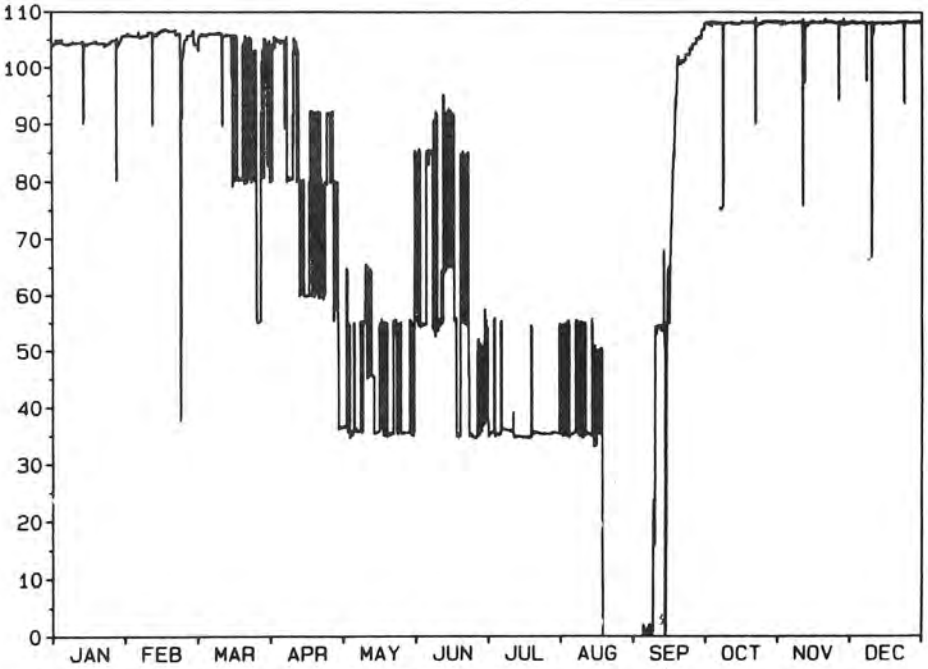
1989-04-27
SMHIs undersökningar utanför Forsmark 1988.
SMHI OCEANOGRAFI nr 29, 1989.

DRIFTHISTORIK Reaktoreffekt %

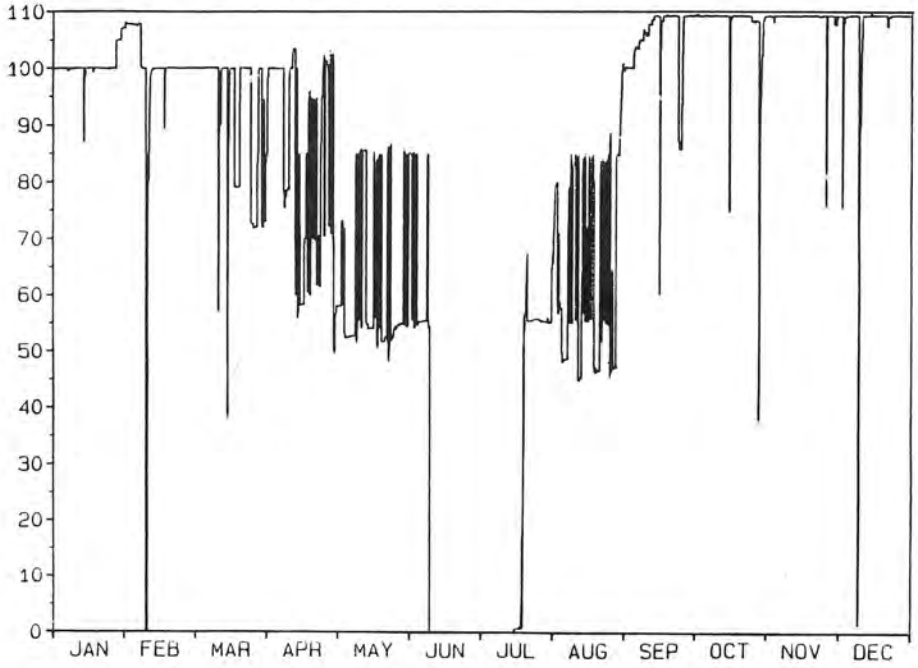
F1



F2



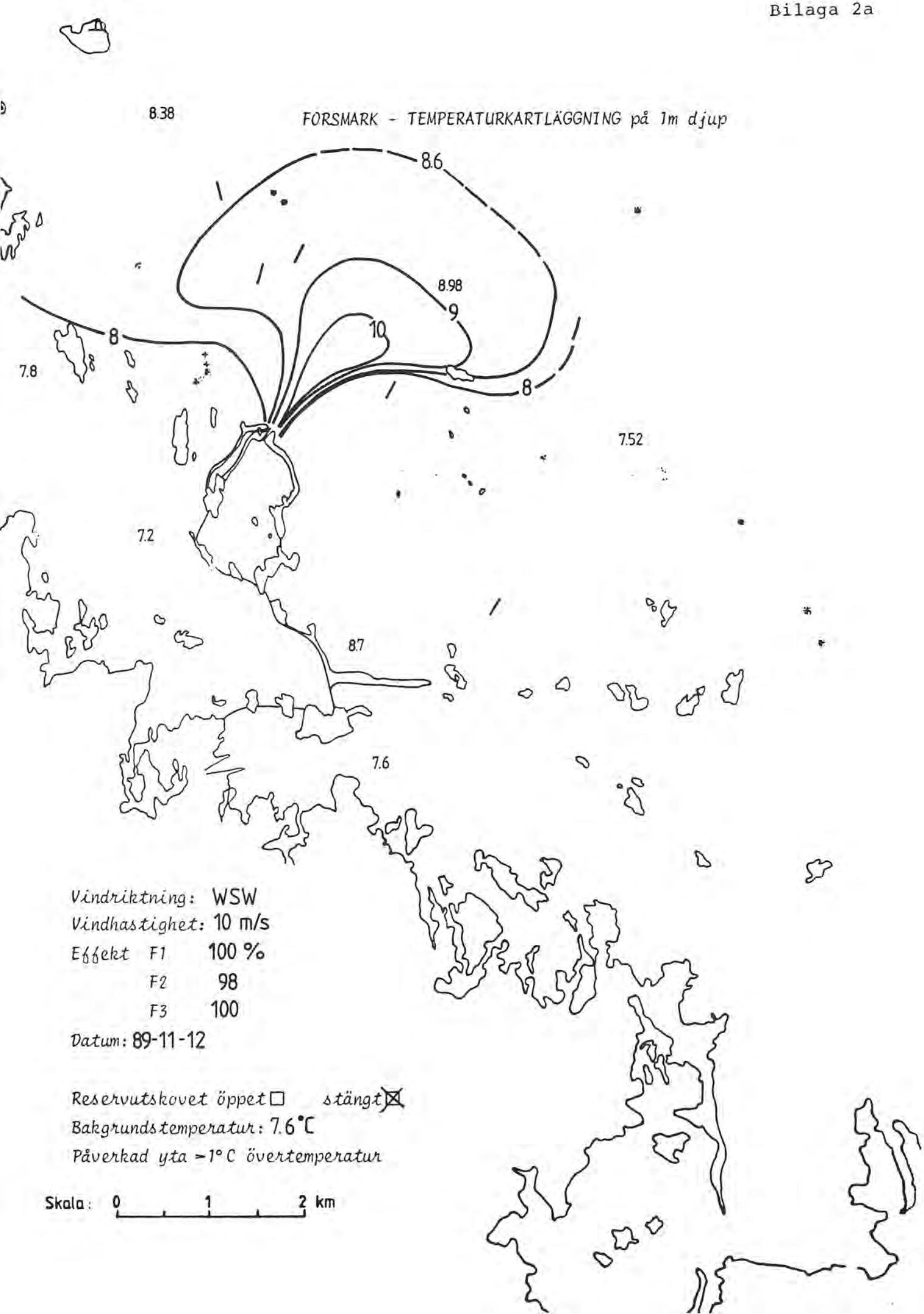
F3



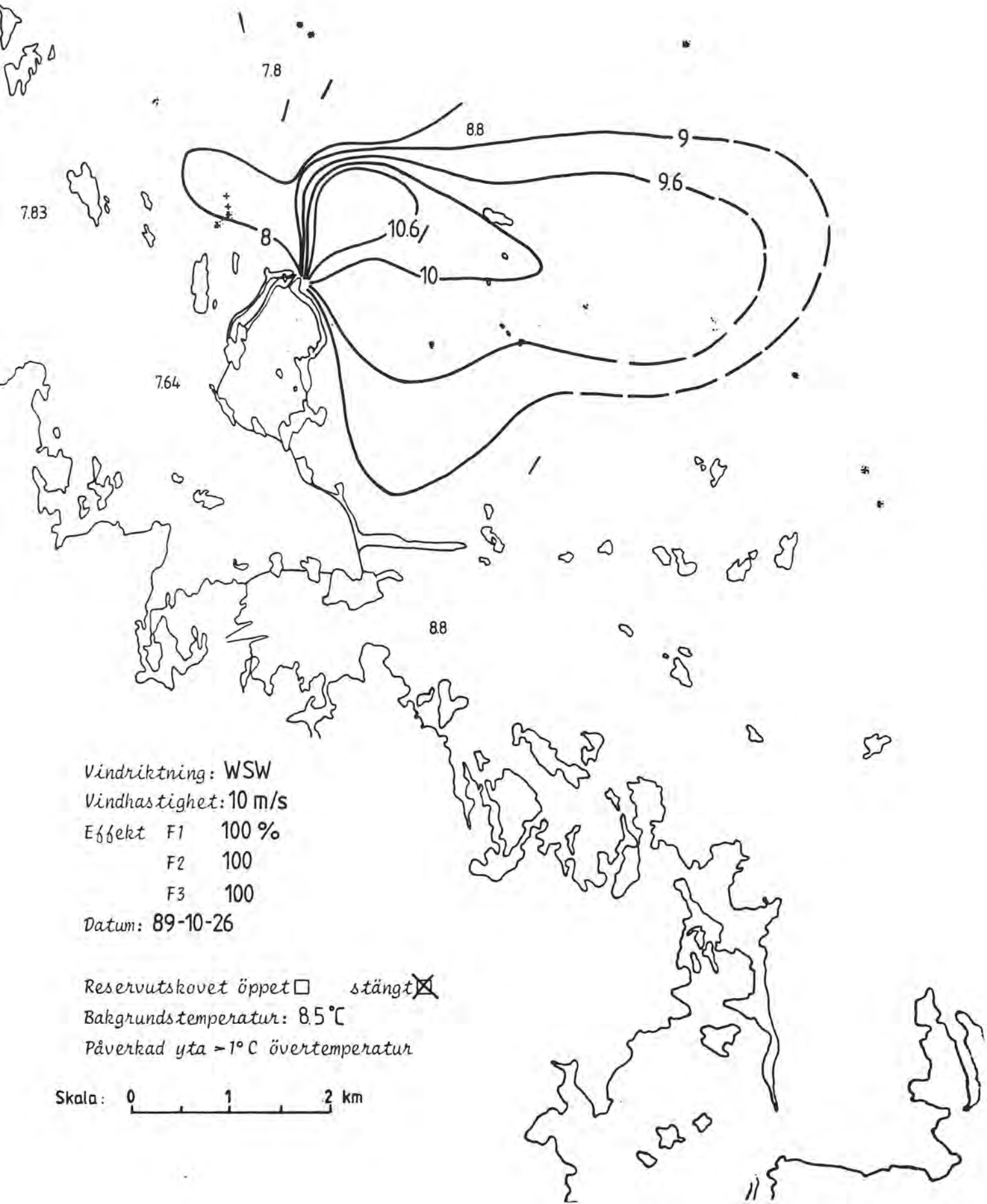
RESERVUTSKOVETS ÖPPNING OCH STÄNGNING 1989

Öppet	Kl	Stängt	Kl
		89-01-02	09.00
89-01-16	15.00	01-19	09.00
01-30	09.00	02-01	09.00
02-03	10.00	02-06	09.00
02-10	12.30	02-13	08.30
02-17	13.00	02-20	
02-24	13.00	02-27	09.00
03-03	13.00	03-06	10.30
03-10	13.00	03-13	08.30
03-17	14.00	03-20	08.30
05-28			
		06-01	
06-05		06-13	
06-26	09.00	06-27	11.00
11-26		11-28	
12-04	20.00	12-05	09.00
12-07	04.30	12-08	10.00

16 TILLFÄLLEN = cirka 42 DYGN


FORSMARK - TEMPERATURKARTLÄGGNING på 1m djup
8.38
8.6
8.98
9
10
8
8
7.8
7.52
7.2
8.7
7.6
Vindriktning: WSW
Vindhastighet: 10 m/s
Effekt F1 100 %
F2 98
F3 100
Datum: 89-11-12
Reservutskovet öppet ☐ stängt ☒
Bakgrundstemperatur: 7.6 °C
Påverkad yta >1° C övertemperatur
Skala: 0 1 2 km

FORSMARK - TEMPERATURKARTLÄGGNING på 1m djup

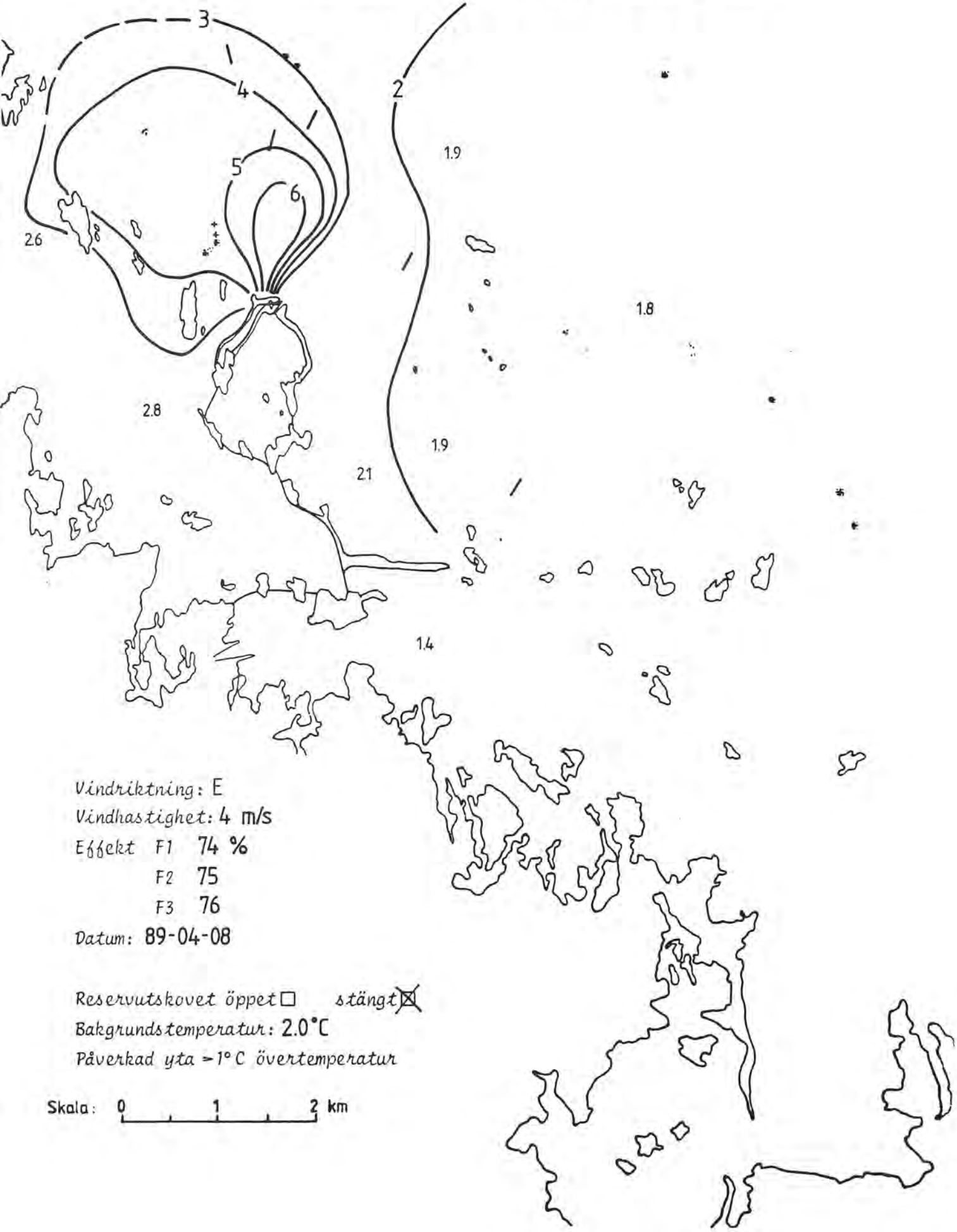


Vindriktning: WSW
Vindhastighet: 10 m/s
Effekt F1 100 %
F2 100
F3 100
Datum: 89-10-26

Reservutskovet öppet ☐ stängt ☒
Bakgrundstemperatur: 8.5 °C
Påverkad yta > 1° C övertemperatur

Skala: 0 1 2 km

FORSMARK - TEMPERATURKARTLÄGGNING på 1m djup



Vindriktning: E
Vindhastighet: 4 m/s
Effekt F1 74 %
F2 75
F3 76
Datum: 89-04-08

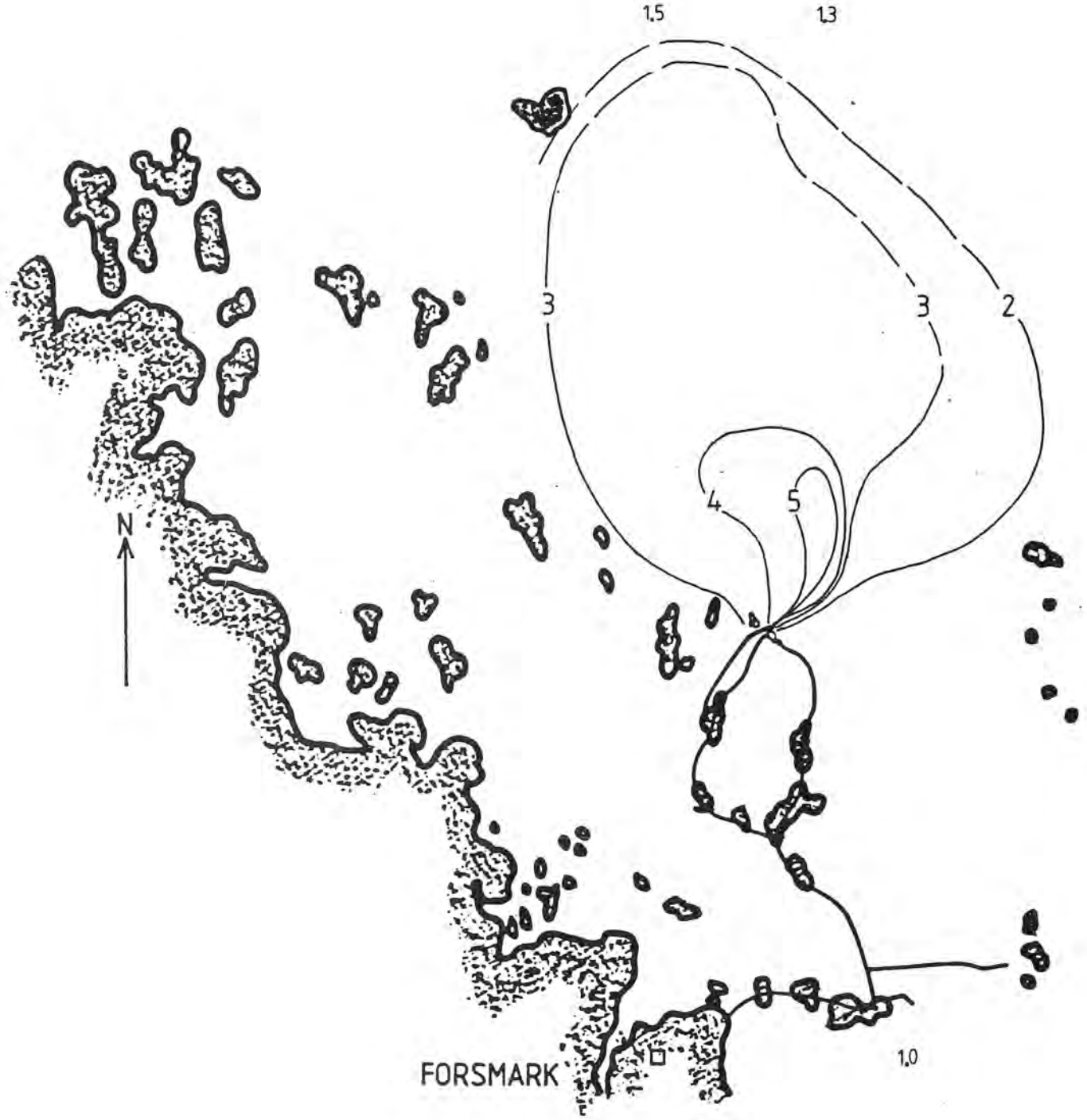
Reservutskovet öppet ☐ stängt ☒
Bakgrundstemperatur: 2.0°C
Påverkad yta > 1° C övertemperatur

Skala: 0 1 2 km

FORSMARK

Temperaturkartläggning C

på 1 m djup



Vindriktning: SW - NW

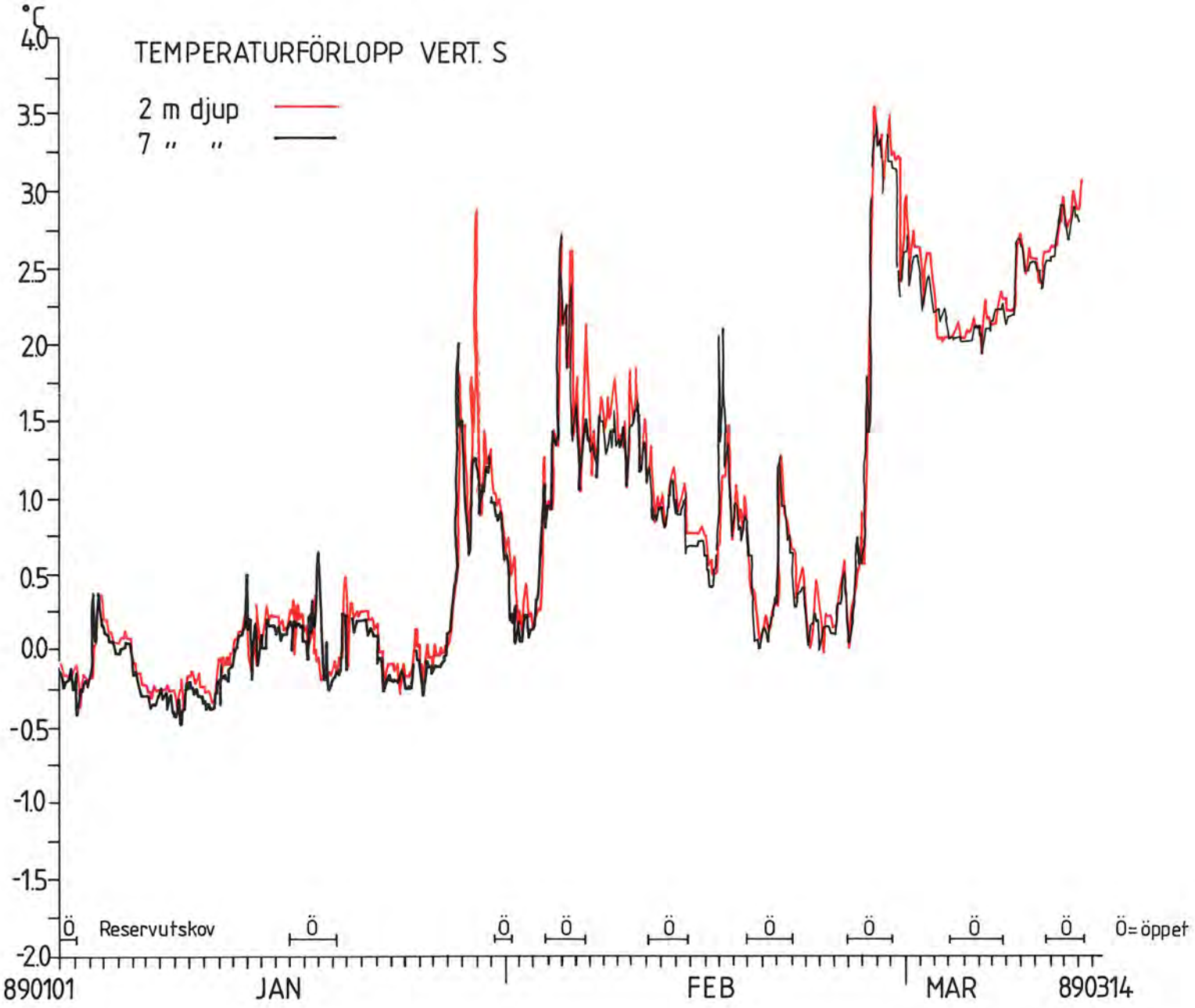
Reservutskovet □ *öppet* ⊠ *stängt*

Vindhastighet: 4 - 5 m/s

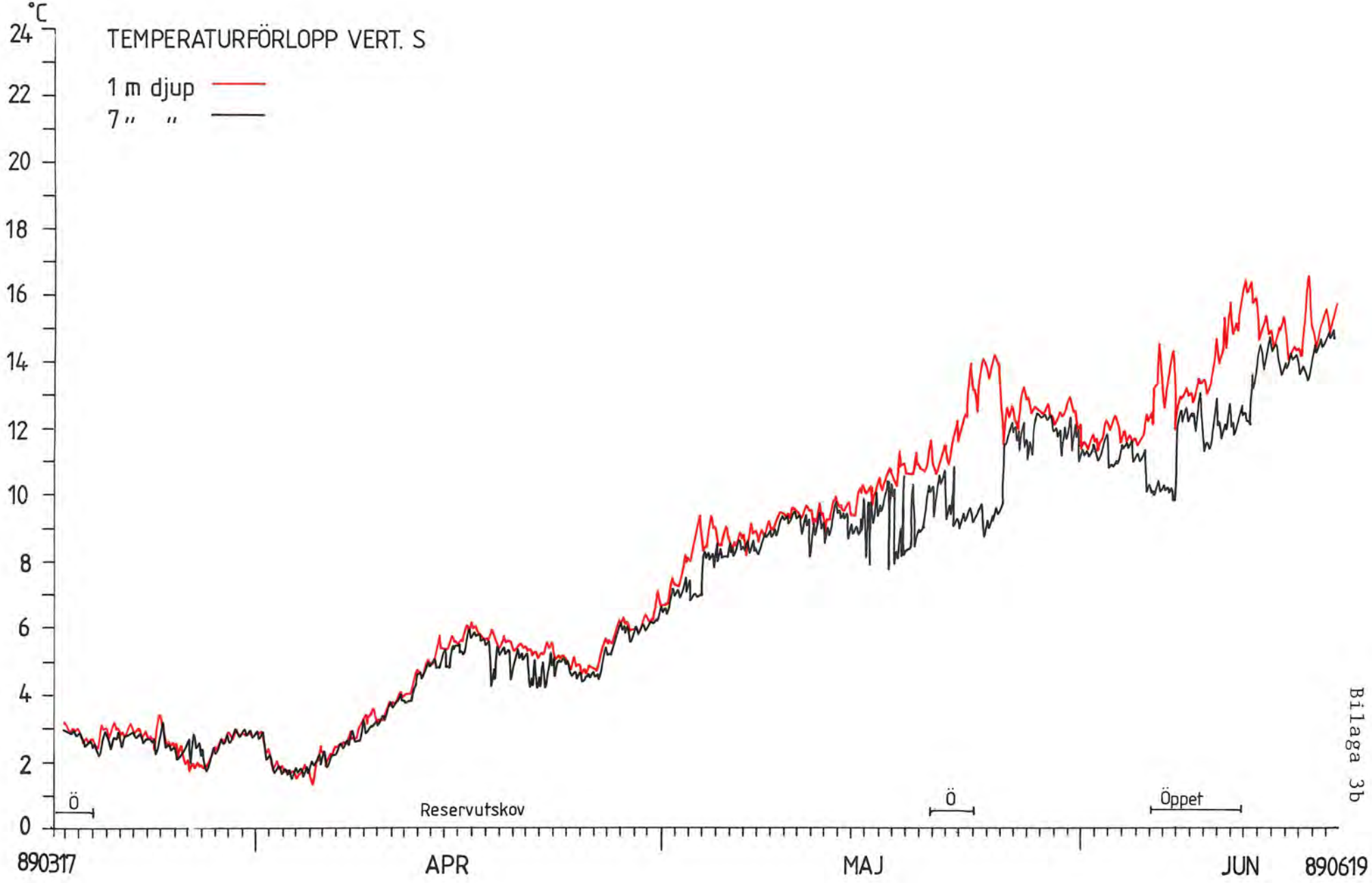
Effekt *F1* 88 %
F2 90
F3 92

Datum: 89-03-27

Skala 0 1 2 km


°C
TEMPERATURFÖRLOPP VERT. S
2 m djup
7 " "
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
-2.0
Ö Reservutskov
Ö
Ö
Ö
Ö
Ö
Ö
Ö
Ö
Ö= öppet
890101
JAN
FEB
MAR
890314

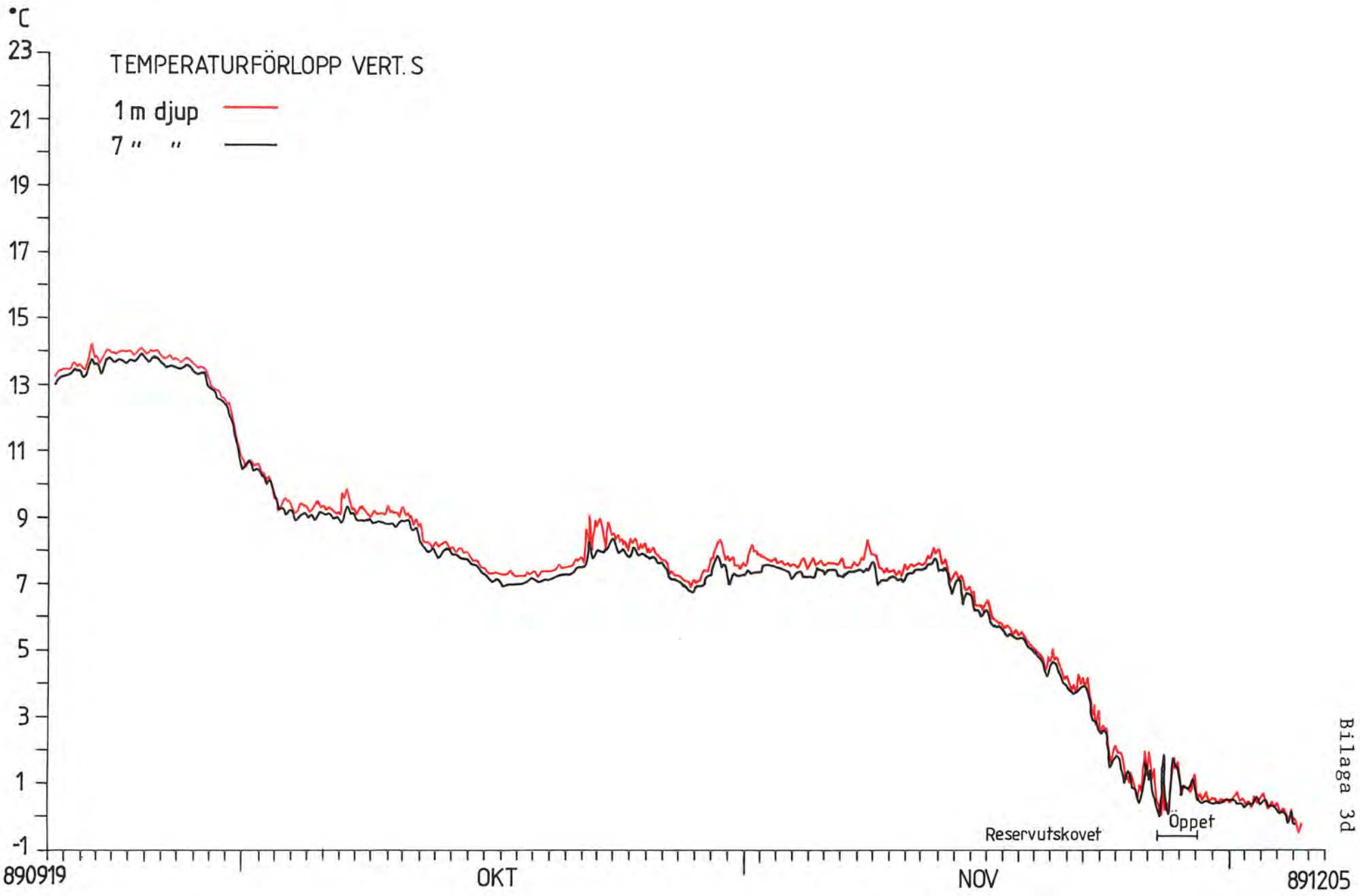
Bilaga 3a


°C
TEMPERATURFÖRLOPP VERT. S
1 m djup
7 " "
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
Ö
Reservutskov
Ö
Öppet
890317
APR
MAJ
JUN
890619

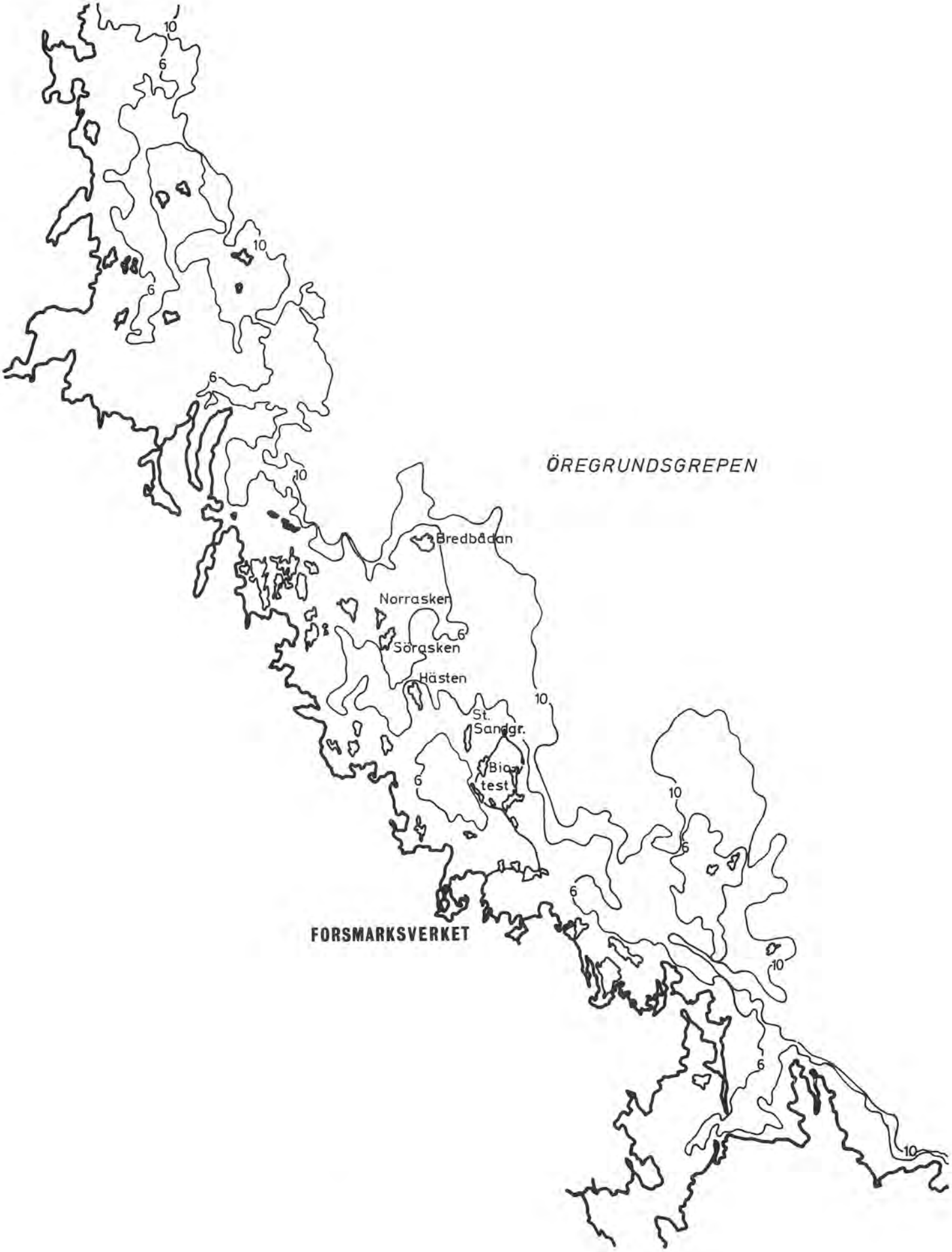
Bilaga 3b

°C
TEMPERATURFÖRLOPP VERT. S
1 m djup
7 " "
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
Öppet
Reservutskov
890620
JUL
AUG
SEP
890922

Bilaga 3c


°C
TEMPERATURFÖRLOPP VERT. S
1 m djup
7 " "
23
21
19
17
15
13
11
9
7
5
3
1
-1
890919
OKT
NOV
891205
Reservutskovet
Öppet

Bilaga 3d


ÖREGRUNDSGREPEN
Bredbådan
Norrasken
Sörasken
Hästen
St.
Sandgr.
Bio-
test
FORSMARKSVERKET
10
6

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