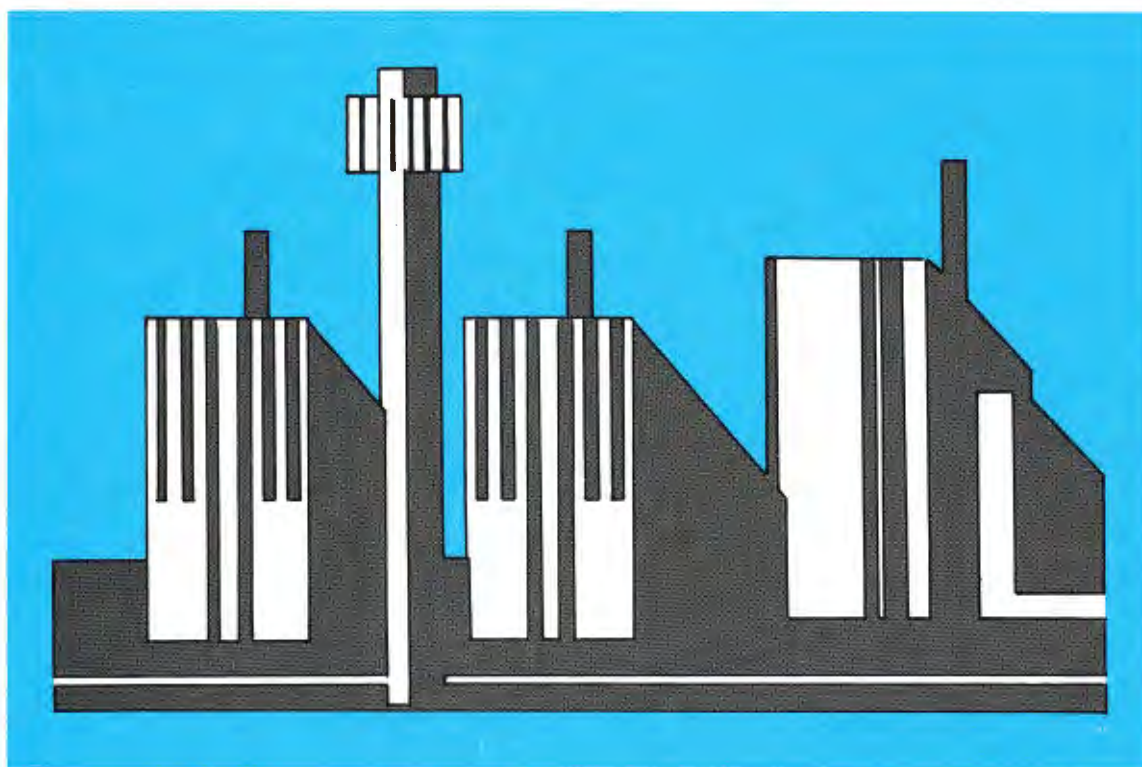




SMHI:s UNDERSÖKNINGAR UTANFÖR FORSMARK 1987

Ritarbete: Eva-Lena Ljungqvist

Utskrift: Gunilla Öhnell, Caroline Wahlström

Tryck: SMHI:s tryckeri, Norrköping 1988.

SMHI:s UNDERSÖKNINGAR UTANFÖR FORSMARK 1987

Jan Andersson och Robert Hillgren



INNEHÅLL

	sid
1. Sammanfattning	1
2. Driftsförhållanden, mätprogram och dataåterbäring	2
3. Resultat	
a) Tre-blocksdriften	6
b) Temperaturen i skärgårdsområdet	9
c) Satellitbildsinformation	10
d) Läckage kontroll	14
4. Referenslista	16

Bilagor:

- Driftshistorik
- Temperaturkarteringar
- Temperaturförlopp vertikal S
- Läckaget: Isutbredning
- Temperaturkartering

Karta se pärmens bakre insida.

Sammanfattning

1987 kan kraftverkets drift betraktas som normal med avseende på kylvattenflöde och värme. Samtliga tre block har haft ett högt driftutnyttjande.

Kontrollprogrammets målsättning har varit att kontinuerligt övervaka kylvattnets spridning i tid och rum. Av särskilt intresse har varit att se effekten av kylvattentillskottet från block 3 via ordinarie utlopp.

Följande slutsatser har dragits:

- Treblocksdriften under året har inneburit avkylningsytor av storleksordningen 7 – 12 km². Den tidigare bedömningen med endast karteringar från december 1986, var 6 – 8 km².
- Temperaturen i skärgårdsområdet har inte påverkats av treblocksdriften.
- Något fortsatt läckage från F 3:s kylvattenkanal har inte observerats.

SMHIS UNDERSÖKNINGAR 1987

Driftsförhållanden

Under år 1987 kan kraftverkets drift betraktas som normal med avseende på kylvattenflöde och värme. Samtidiga tre block har haft ett högt driftsutnyttjande (se bilaga 1).

Kylvattnet från F 1 och F 2, som på sin väg genom kraftverket uppvärms ca 10°C, passerar Biotestanläggningen innan det når ut i Grepen. Tidigare år har reservutskovet måst utnyttjas frekvent p g a igensättning av fiskspärren i utloppet. Detta har då medfört att största delen av kylvattnet (90 m/s vid full drift) släppts ut i skärgårdsområdet väster om Biotesten. Efter installation av rensmaskin 1985 har emellertid tiderna för reservutskovets utnyttjande avsevärt nedbringats. Under år 1987 användes det endast vid fyra tillfällen, totalt ca 10 dygn.

Kylvattnet från F 3 går i en tunnel ut till Lilla Sandgrund och leds sedan via en öppen kylvattenkanal längs Biotestvallen till utloppet. Det tidigare konstaterade läckaget från kylvattenkanalen mot skärgårdsområdet tätades under hösten 1986.

Mätprogram

Nedan redovisas samtliga mätinsatser gjorda under 1987. Översiktskartor finns i figur 1 sida 4 - 5.

Kontinuerliga mätningar

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

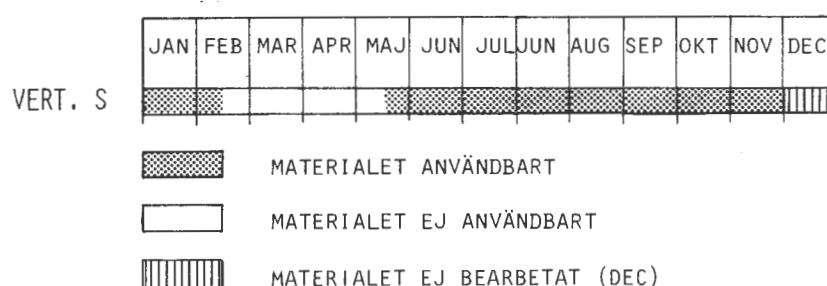
Övriga mätningar

islagd period	iskartering och temperatur mätning	övervakning av isutbredning i utsläppsområdet
isfri period	veckovisa och manuella plymkarteringar i utloppsområdet (temperaturmätning i ett femtiotal punkter)	regelbunden kontroll av kylvattnets spridning
dec 1- 2	vattenföringsmätning i F 3:s kylvattenkanal samt temperaturmätning	läckagekontroll

Ett 40-tal satellitbilder "quick looks" har erhållits, varav en med full treblocksdrift har bearbetats vidare.

Dataåterbäring.

AUTOMATISK REGISTRERANDE TEMPERATURMÄTARE



ÖVERSIKTSKARTA

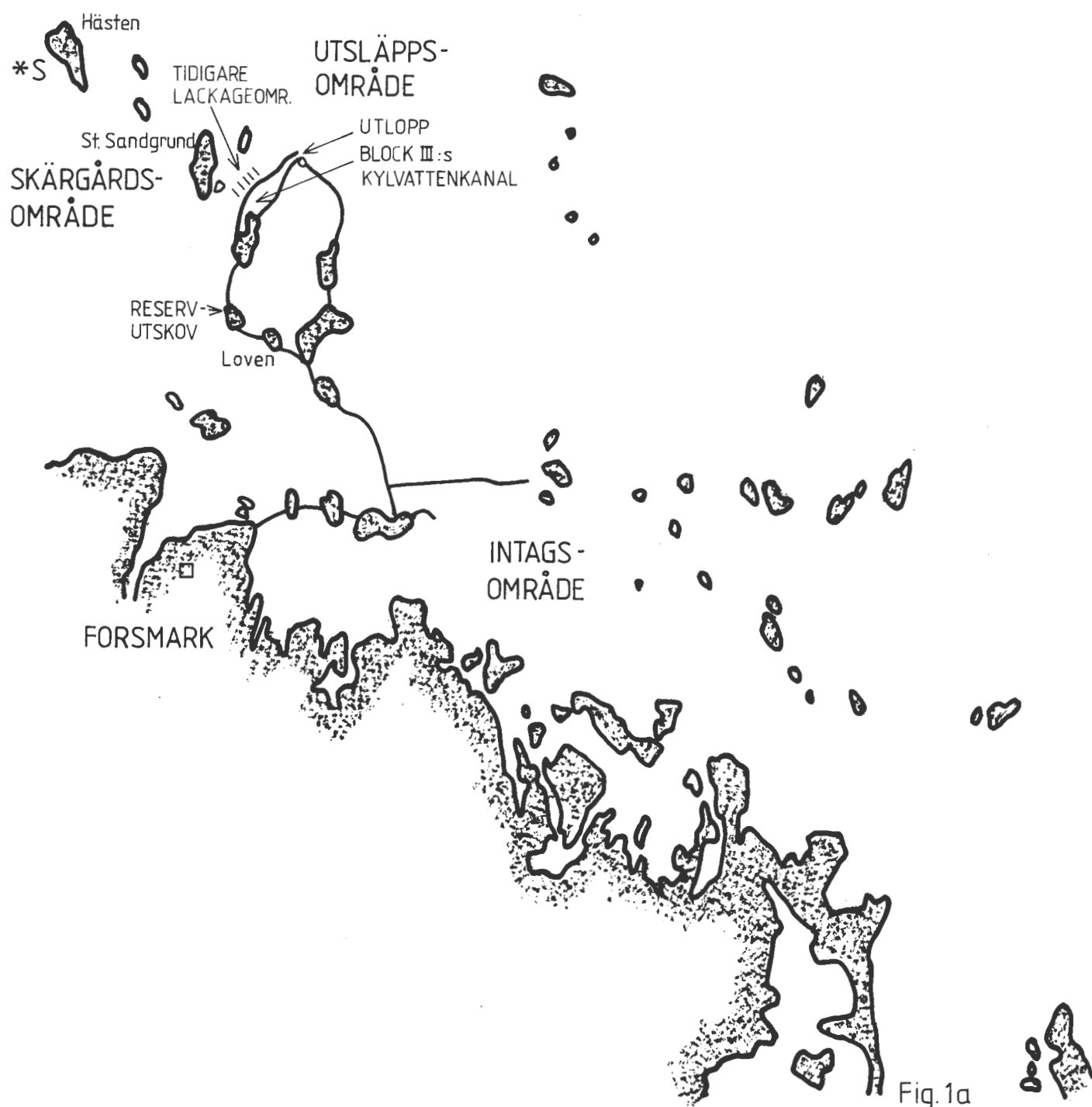
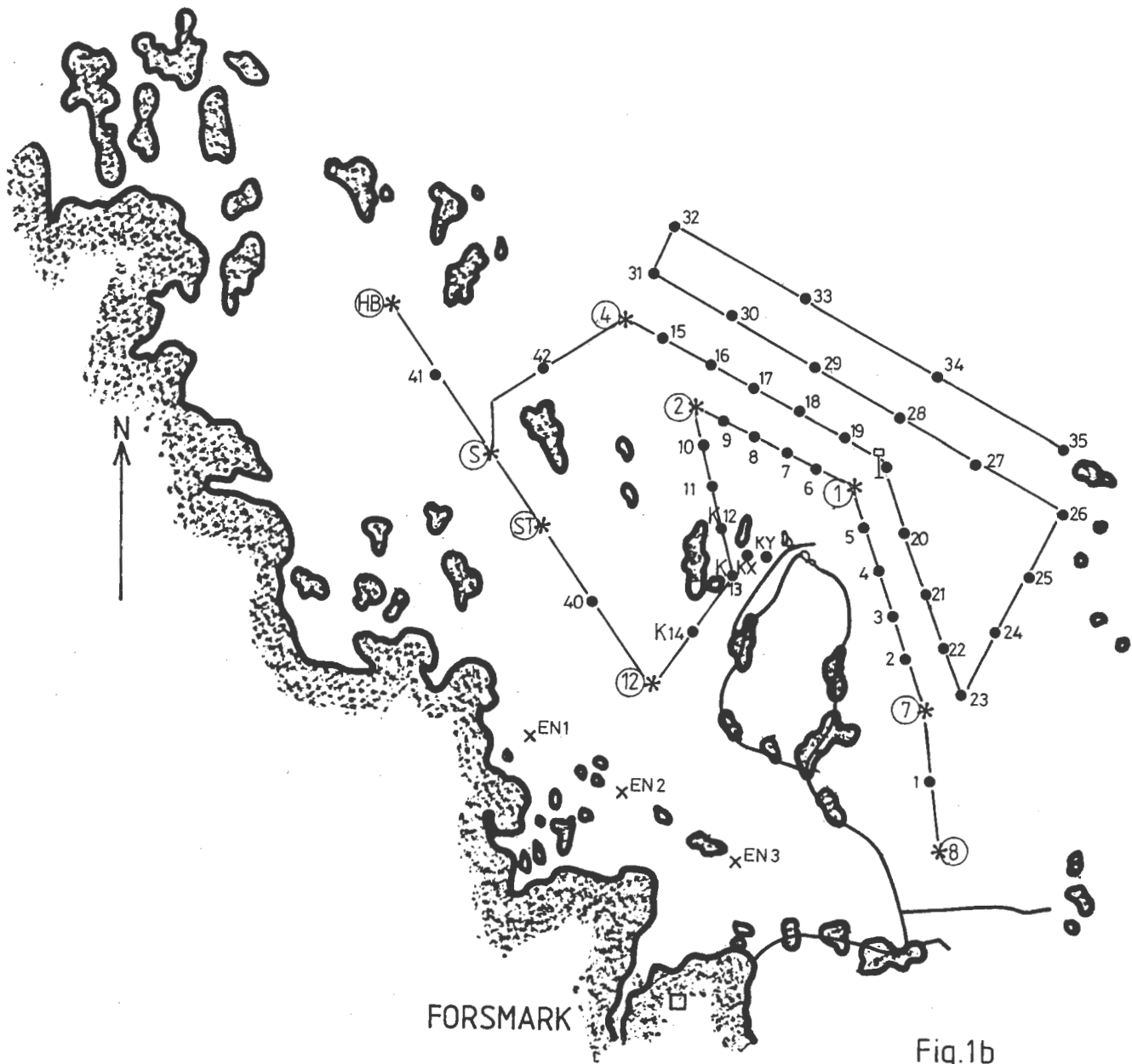


Fig. 1a

TEMPERATURKARTERINGSBANA



RESULTAT

Treblocksdriften

Under den isfria perioden har 25 stycken temperaturkarteringar gjorts. Merparten av dessa är utförda under hösten.

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

En temperaturkartering har ansetts som "mätning vid treblocks-drift" om det sammanlagda kylvattenflödet varit minst $108 \text{ m}^3/\text{s}$, vilket motsvarar att varje enskilt block har varit i minst 80 %s drift.

Driften vid de olika mättillfällena har fördelat sig enligt följande:

Sammanlagd drift, tre block	100 %	>90	>80	>60	<60
Antal mättillfällen	12	15	18	22	3

Av kylvattnet påverkad vattenyta är, 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 kunna eliminera den temperaturpåverkan som kan vara orsakad av naturliga temperaturvariationen.

Givetvis förekommer en randzon med en påverkan mindre än 1°C , detta framgår tydligt av satellitbilden, fig 5 sid 13. Storleken av denna randzon kan vara lika stor eller större än den egentliga plymen.

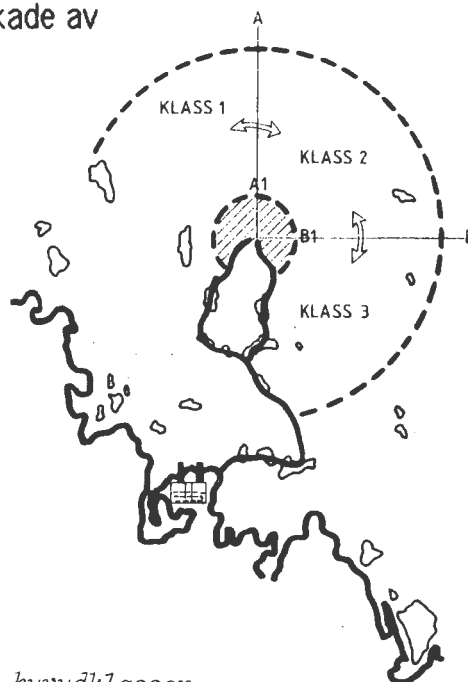
Omgivnings- eller bakgrundstemperaturen har definierats som medeltemperatur från minst 2 av 4 ytterpunkter i temperaturkarteringsbanan som ej är påverkade av kylvattenplymen.

Klassindelning med avseende på kylvattenplymens huvudriktning är enligt vidstående tabell

Klass	1	2	3
Antal	8	12	5

Gränsfall har hänförs till den klass som större delen av plymen befinns i.

Figur 2:a



Plymernas huvudklasser

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

Av de 18 mätillfällen med treblocksdrift över 80 % har 1 tillfälle tagits bort på grund av att reservutskovet nyttjades samtidigt.

Resterande temperaturkarteringar ger följande plymytor, uttryckt i km^2 .

Medelvärde minsta konstaterad yta	max värde	Medelvärde extrapolerad yta	max värde	Minsta yta
17 till-fällen >80 % drift	4.1 (7)	7.4	(12)	1
12 till-fällen 100 % drift	4.8 7	7.8	12	1.5

Vid vissa tillfällen har inte hela plymytan täckts in av karteringsbanan utan extrapolering har gjorts med hänsyn tagen till konstaterade temperaturgradienter och rådande vindar.

Dessa extrapoleringar har sedan verifierats av satellitbilsinformation.

Vindar mellan NW och SW har (av naturliga geografiska skäl) gett de största plymytorna.

Exempel på kylvattenplymer visas i bilagorna 2:a - f.

Vid två tillfällen har mycket små plymer karterats 1987-09-14 (bilaga 2e) och 1987-12-09 (bilaga 2f). Sambandet mellan dessa två tillfällen är att dagen innan rått kraftiga nordvindar upp till 21 m/s, vattnet har blivit väl omblandat och kylvattnet har hållits tillbaka. När vinden sedan avtagit och vridit mot SW tar det en viss tid innan ny plym har byggts upp till en mer normal storlek.

I det andra fallet, bilaga 2f har den kraftiga nordvind effekten, förstärkts av en sjunkande kylvattenplym. Kylvattnets densitet vid temperaturerna 2 - 3°C är högre än den omkringliggande recipientens temperatur vid 0.4°C.

Samma fenomen har även iakttagits vid några andra temperaturkarteringar.

I figur 2 b och c visas exempel på den vertikala temperaturfördelningen vid en sjunkande kylvattenplym i tre punkter med samma bottendjup.

Vertikal 1 som ligger mitt i den egentliga plymen är varmast med något avtagande temperatur mot botten.

Vertikal 7 som ligger väl utanför den egentliga plymen är opåverkad av den. Temperaturen vid botten är däremot påverkad av sjunkande varmvatten.

Vertikal 2 är påverkad av den egentliga plymen i övre nivån, något mer i bottenskiktet av en sjunkande plym.



Fig 2:b
Temp.kartering 1988-02-05

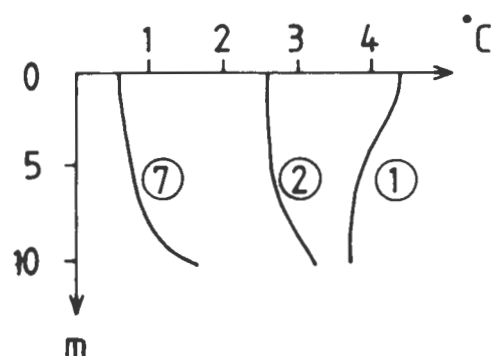


Fig 2:c
Temp.profiler 1988-02-05

Temperaturen i skärgårdsområdet

Mätningar har pågått i vertikal S under hela året. Ur dessa har vi valt att redovisa temperaturutvecklingen på 1 och 7 m under uppvärmningsperioden (se bilaga 3). Vi kan inte konstatera någon påverkan i S vare sig från något läckage eller under de perioder då reservutskovet varit öppet. Temperaturmätningarna i vertikal S har skett på SNVs begäran för att bevaka temperaturen i skärgårdsområdet.

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 $120 \times 120\text{ m}$. En så kallad "Quicklook"-bild täckande ett större område cirka $90 \times 90\text{ km}$ 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. Det förhåller sig nämligen så att "LANDSAT-5:s" sensorer kräver att det ska vara molnfritt över mätområdet.

Under 1987 har ett fyrtiotal "Quicklooks" erhållits, varav cirka en fjärdedel uppfyller de meteorologiska betingelserna, och ur denna sista fjärdel är det vid ett tillfälle som alla tre blocken samtidigt var i så gott som 100 % drift, se fig motstående sida.

En manuell temperaturkartering utfördes även denna dag 1987-09-04.

En jämförelse mellan satellitbilden och karteringsbilden stämmer väl överens, se fig 3 och 4 ehuru plymen sträcker sig längre ut än vad karteringen kunnat visa. Varmvattenplymen sträcker sig i ostnordostlig riktning från utloppet och omsluter Länsman. Storleken av den yta som är påverkad mer än 1°C över bakgrundstemperaturen är cirka 12 km^2 , i den finns en "kärna" med övertemperatur 2° på cirka 2.5 km^2 . En yttre av kylvattnet otvetydigt påverkad randzon med 0.5° övertemperatur, omsluter rätt likformigt den egentliga plymen syns tydligt. Ytan av denna randzon är cirka 8 km^2 . Att hela plymen är förhållandevis sammanhållen beror på de måttliga vindstyrkor som rått under dagen.

	klockan			
1987-09-04	04.00	07.00	10.00	13.00

SW 3 m/s SW 2 m/s Växl 2 m/s ESE 7 m/s

Vid högre vindstyrkor bör omblanding och avkylning bli bättre och därför ge en mindre plym. Denna satellitbild får därför anses vara ett exempel på maximal kylvattensutbredning.

Det måste påpekas att den temperatur som satelliten mäter endast är det absolut översta vattenskiktet. I temperaturkarteringspunkten 1 belägen cirka 1 km från utloppet, bottendjup 10 m, och som ligger mitt i varmvattenkärnan är påverkad med mer än 1°C övertemperatur ned till 5 m. Svagare temppåverkan förekommer sedan ytterligare några meter. Endast det direkta bottenvattnet på 9 - 10 m var opåverkat.

Vid andra temperaturkarteringar när kylvattenplymen berört punkt 1 förekommer motsvarande vertikala påverkan.

I satellitbildplymens ytterkant, cirka 4 km från utloppet, torde den (uppskattad) vertikala påverkan vara någon meter.

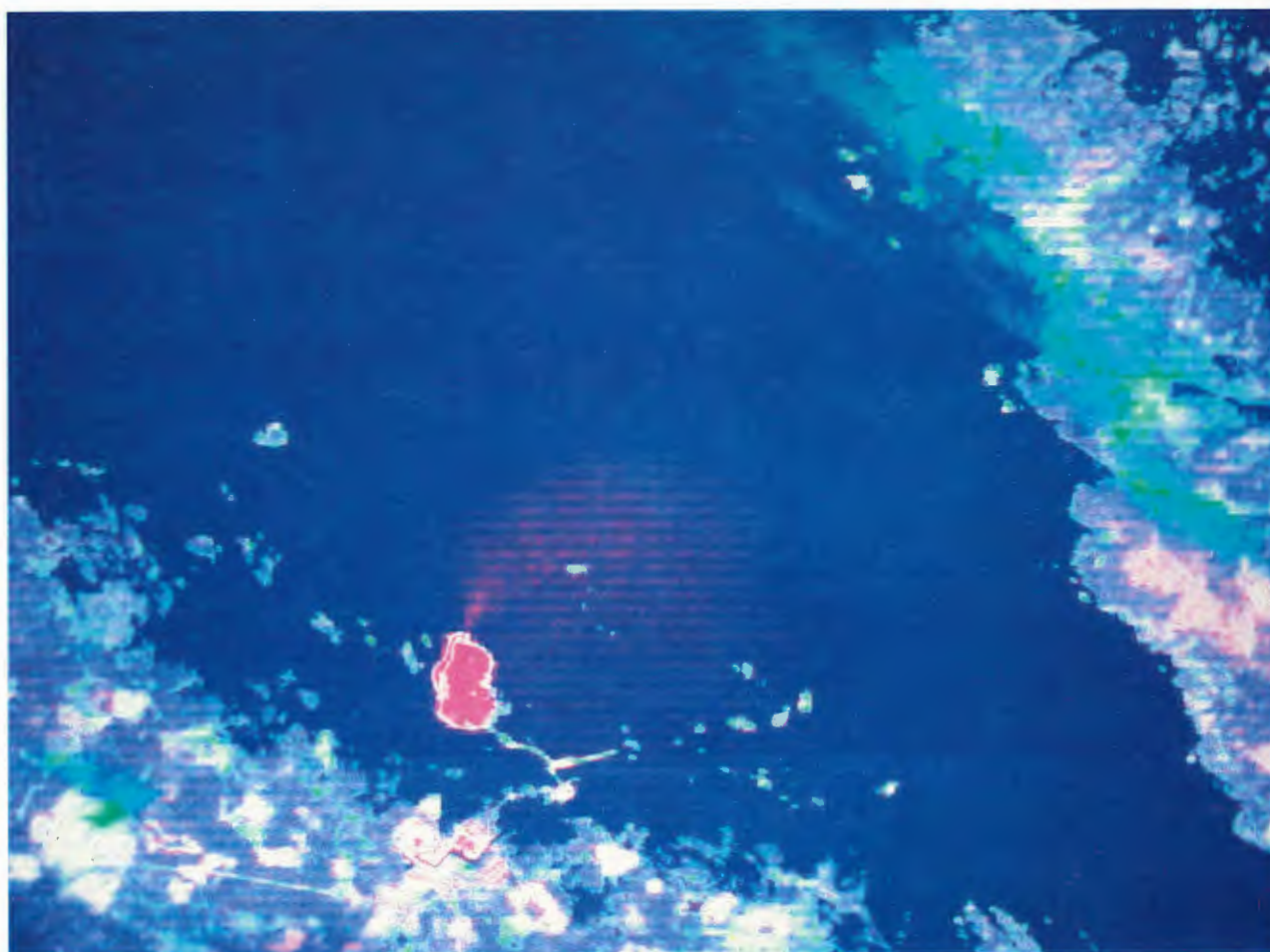
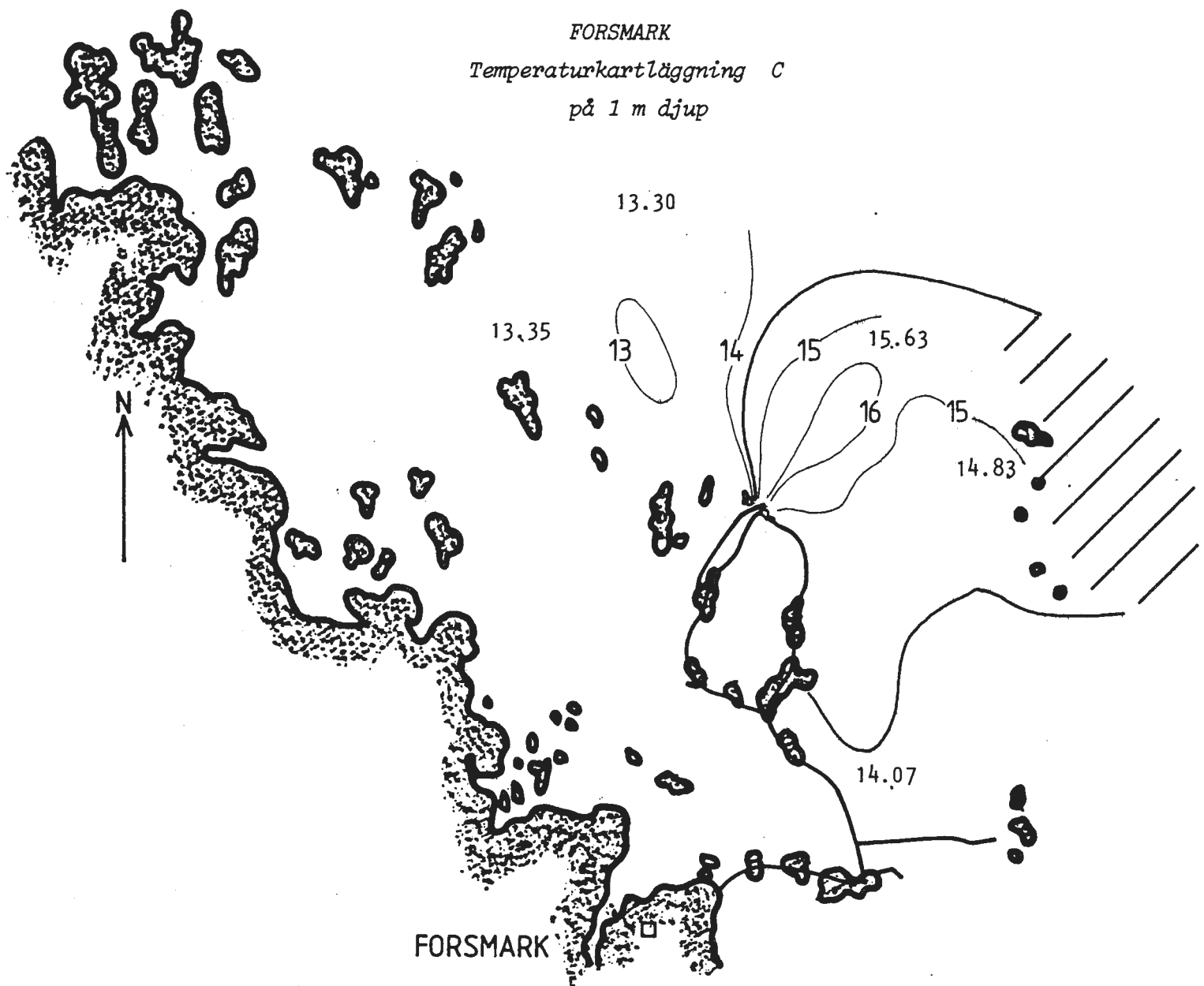


Fig nr 3 Bilden är sammansatt av tre kanaler varav den termiska är återgiven i det röda färgplanet. Högre färgintensitet innebär högre temperatur, se Biotestsjön. Moln syns som gröna slöjor över nordvästra Gräsö.



Vindriktning: S0

Reservutskovet ☐ öppet ☒ stängt

Vindhastighet: 7 m/s

Bakgrundstemperatur: 13.3

Effekt F1 100%
F2 98%
F3 100%

Datum: 1987-09-04

Skala 0 1 2 km

Figur 4

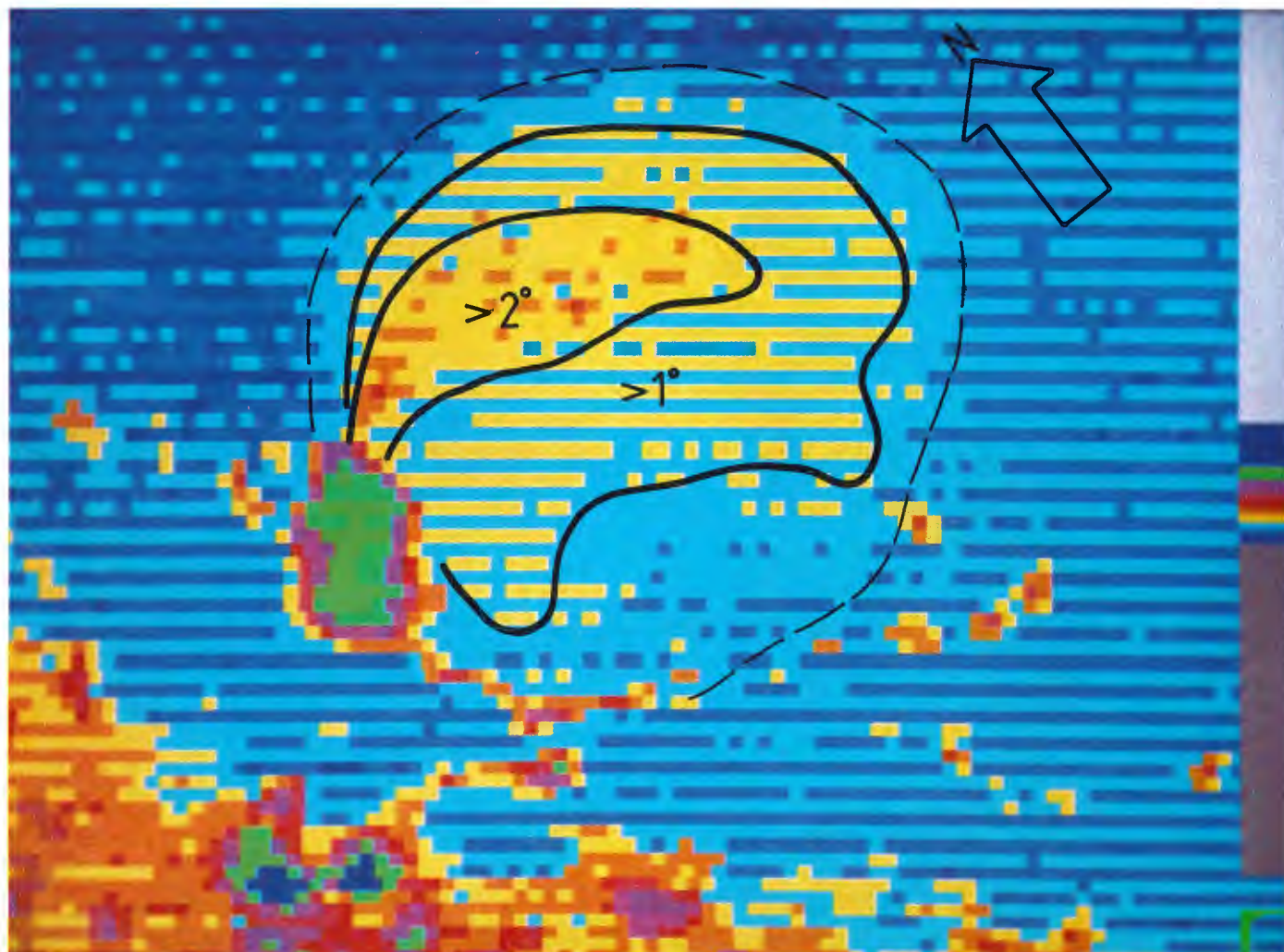


Fig 5 är en vidare bearbetad version av satellitbilden. Randigheten beror på en störning. För jämförelse mellan satellitbild och karteringsbild måste påpekas att skalorna är c:a 1:60 000 respektive 1:50 000, samt p g a satellitbanans lutning är bilden orienterad i 020° (se nordpil). Satellitbilden är även tagen cirka $1\frac{1}{2}$ timme före temperaturkarteringen.

Färgskalan i högra bildkanten anger temperaturdifferenser av 1° i 12 färgsteg.

Biotestsjöns färg motsvarar en temperatur	T_0	$+8^{\circ}--9^{\circ}$
Varmvattensplymens bruna inslag	T_0	$+3^{\circ}--4^{\circ}$
" rent gula	T_0	$+2^{\circ}--3^{\circ}$
" gul/blå randiga	T_0	$+1^{\circ}--2^{\circ}$
Den ljusblå "randzonen"	T_0	$+0.5^{\circ}--1^{\circ}$

T_0 är lika med aktuell bakgrundstemperatur i det här fallet $13.3^{\circ}--13.8^{\circ}$.

Q-mätning (vattenföringsmätning)

För kontroll av ett eventuellt läckage av kylvatten, gjordes 1987-12-01-02 en Q-mätning i F 3s kylvattenkanal, se figur motstående sida.

Mätningssektionerna var desamma som vid föregående års mätning.

Följande resultat erhöles:

	Flöde	
Sektion A ca 150 m från utloppet	45.5/46.1	m ³ /s
Sektion B 100 m från tunnelutloppet	44.3/46.6	m ³ /s

Vid bägge mättillfällena var driften vid F 3 100 % med ett kylvattenflöde på ca 45 m³/s. Flödesmätningen visar på att något mätbart läckage inte förekommer. Två beräkningsmetoder har använts.

Temperaturmätning för kontroll.

Den temperaturkartering som gjordes 1987-12-01 visar inte heller på några förhöjda vattentemperaturer i området utanför kylvattenkanalen, se figur motstående sida, se även bilaga 4b.

Några förhöjda vattentemperaturer har inte heller förmärkts vid årets övriga temperaturkarteringar.

Den veckovisa iskartering som gjordes under islagd period visar inte heller på att något läckage förekommit.

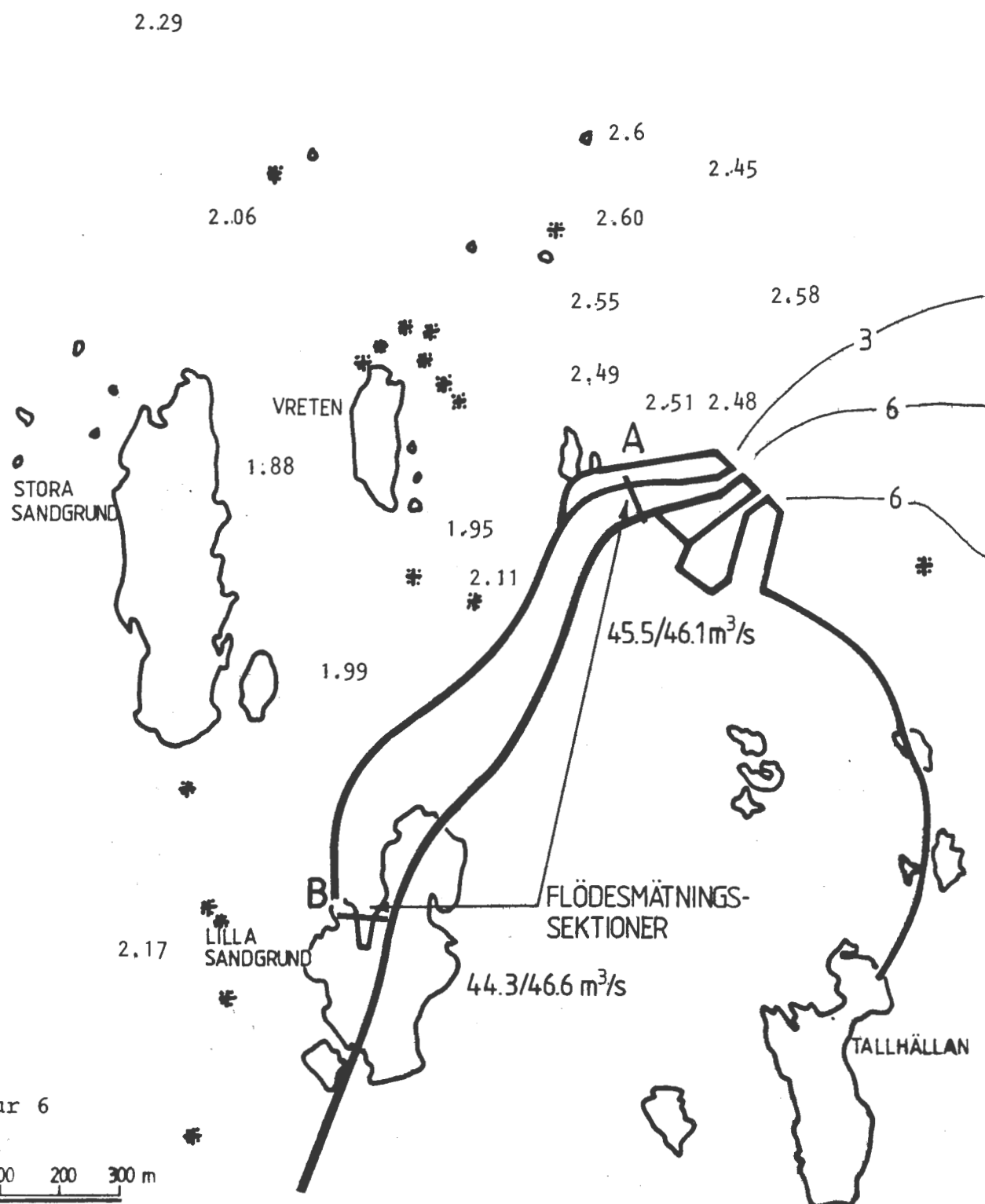
Fast is har legat hela perioden medio februari till islossningen, se bilaga 4a, medans det under fjolårets islagda period, innan läckaget var åtgärdat, var öppet vatten utanför kylvattenkanalen under hela vintern.

FLÖDEN (m^3/s) OCH YTTEMPERATUR $^{\circ}\text{C}$ 1987-12-01--02

Vindriktning: NNV

Vindhastighet: 10 m/s

Effekt F1 100%
F2 100%
F3 100%



Figur 6

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.

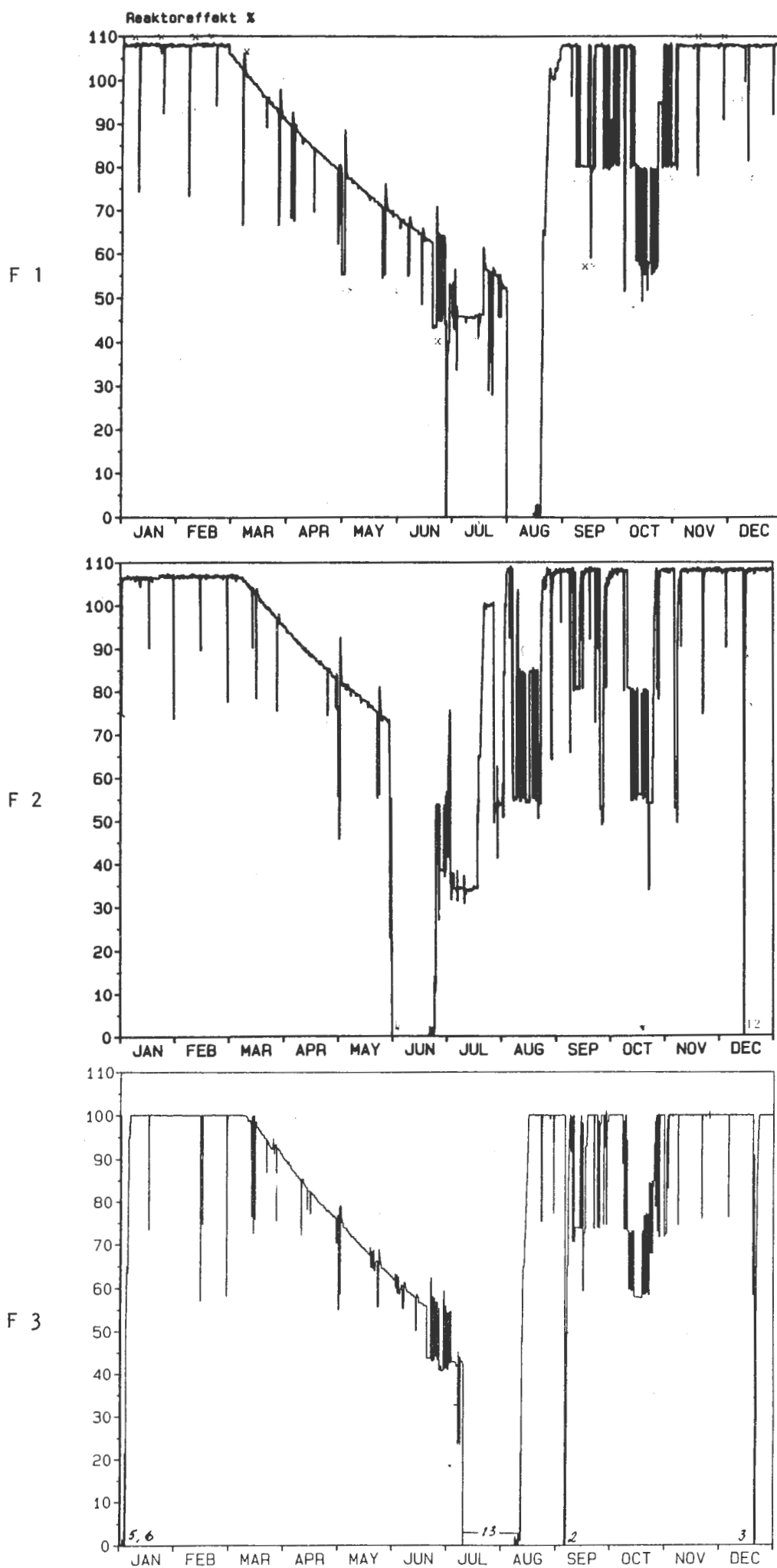
REFERENLISTAN forts

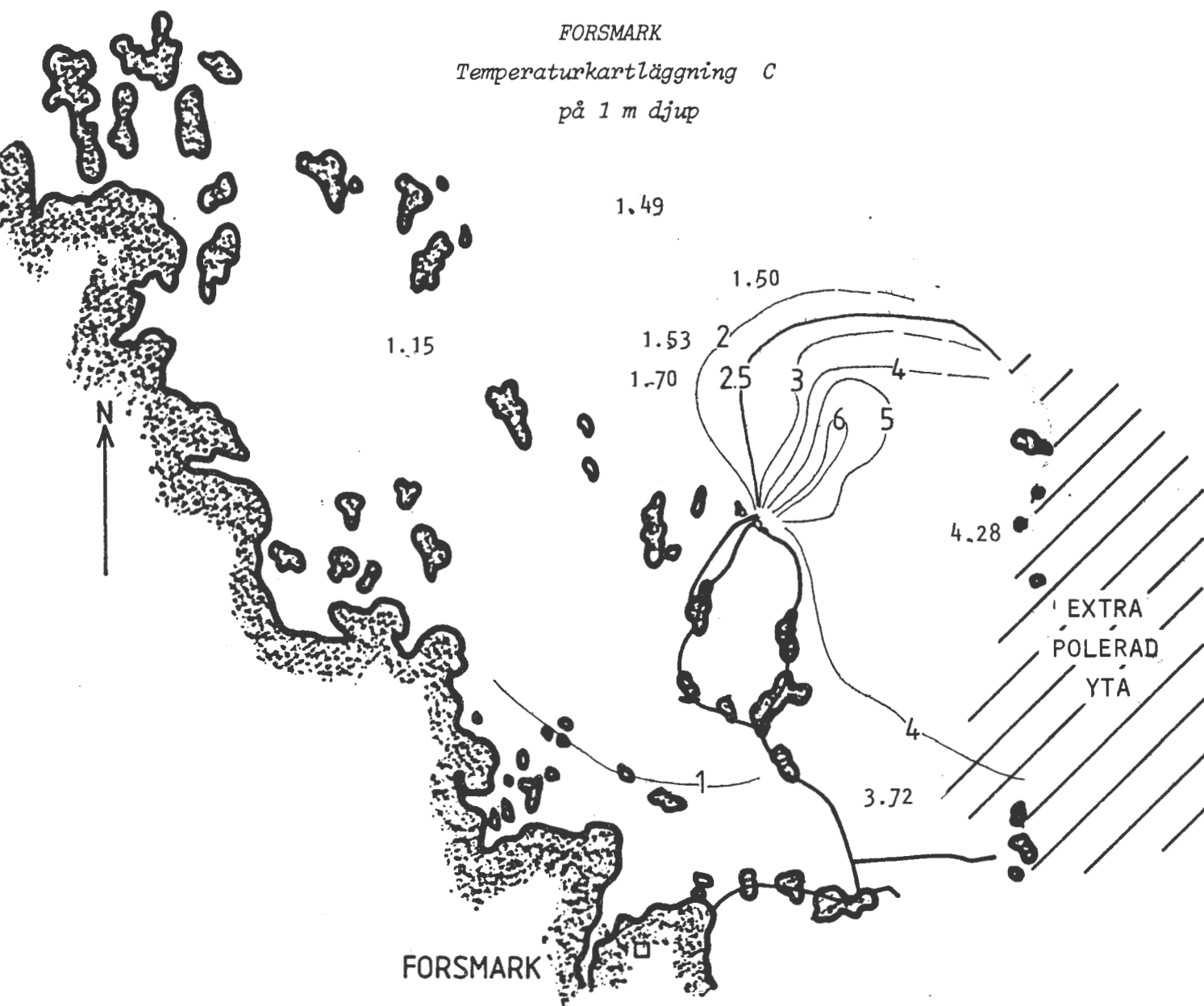
1986-04-22

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.





Vindriktning: SW

Reservutskovet ☐ öppet ☒ stängt

Vindhastighet: 6 m/s

Bakgrundstemperatur: 1.5

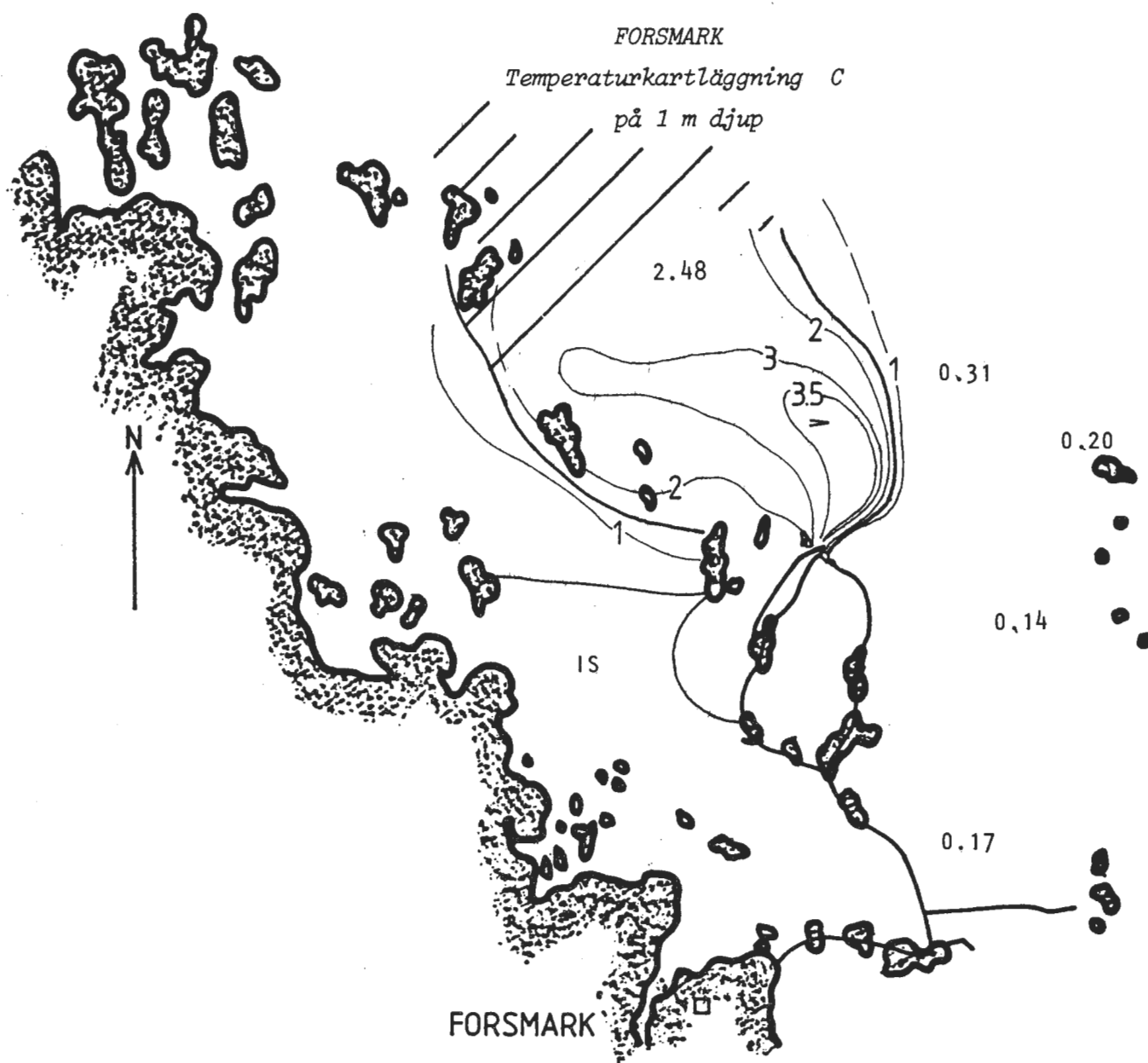
Effekt F1 100%

F2 95%

F3 100%

Datum: 1987-12-05

Skala 0 1 2 km



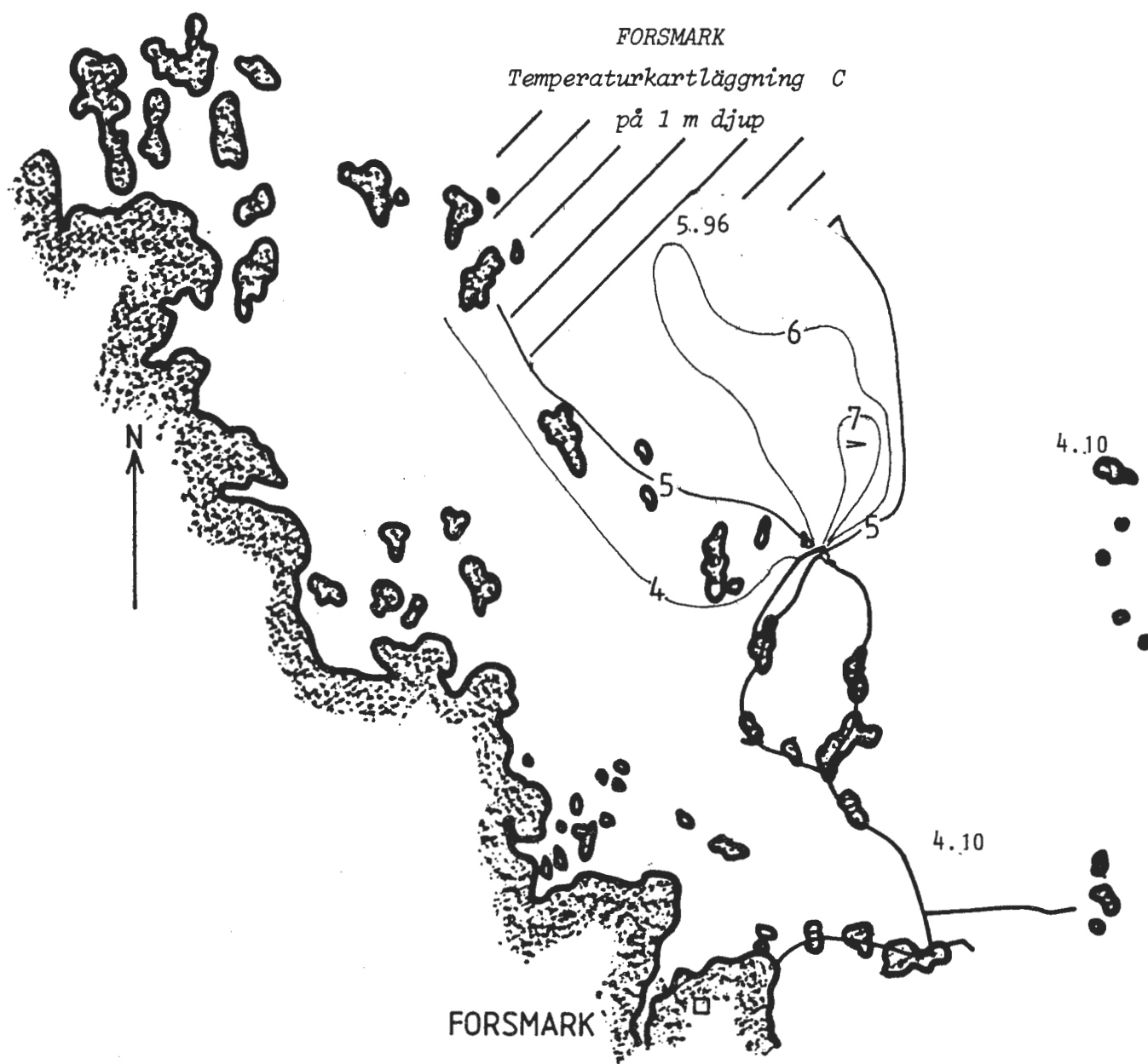
Vindriktning: SSW

Vindhastighet: 9 m/s

Effekt $\left. \begin{matrix} F1 \\ F2 \\ F3 \end{matrix} \right\} 100\%$

Datum: 1988-01-12

Skala 0 1 2 km



Vindriktning: S0

Vindhastighet: 3 m/s

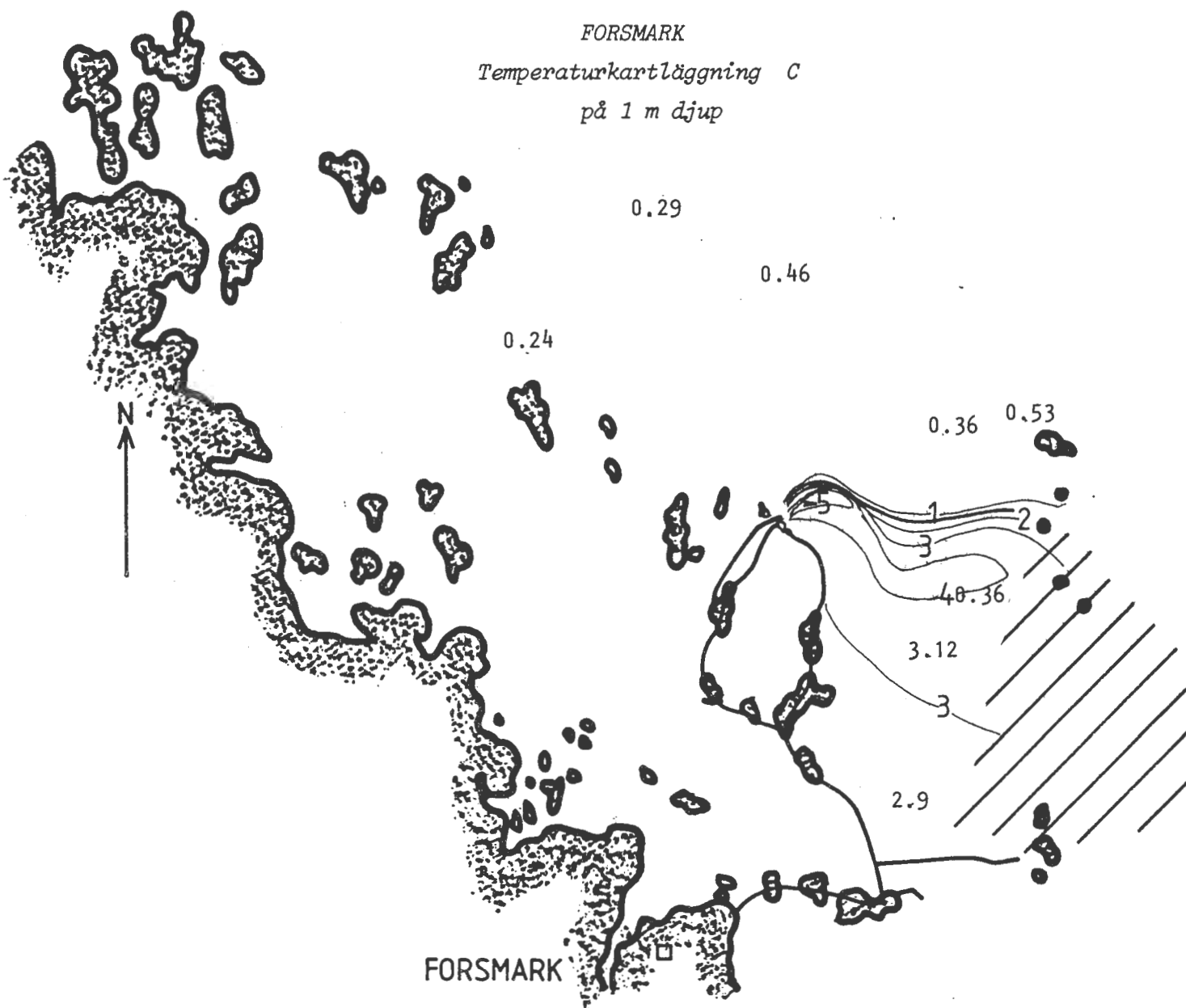
Effekt $\left. \begin{matrix} F1 \\ F2 \\ F3 \end{matrix} \right\} \begin{matrix} 100\% \\ 100\% \end{matrix}$

Datum: 1987-11-17

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

Reservutskovet ☐ öppet ☒ stängt

Bakgrundstemperatur: 4.1



Vindriktning: N

Reservutskovet ☐ öppet ☒ stängt

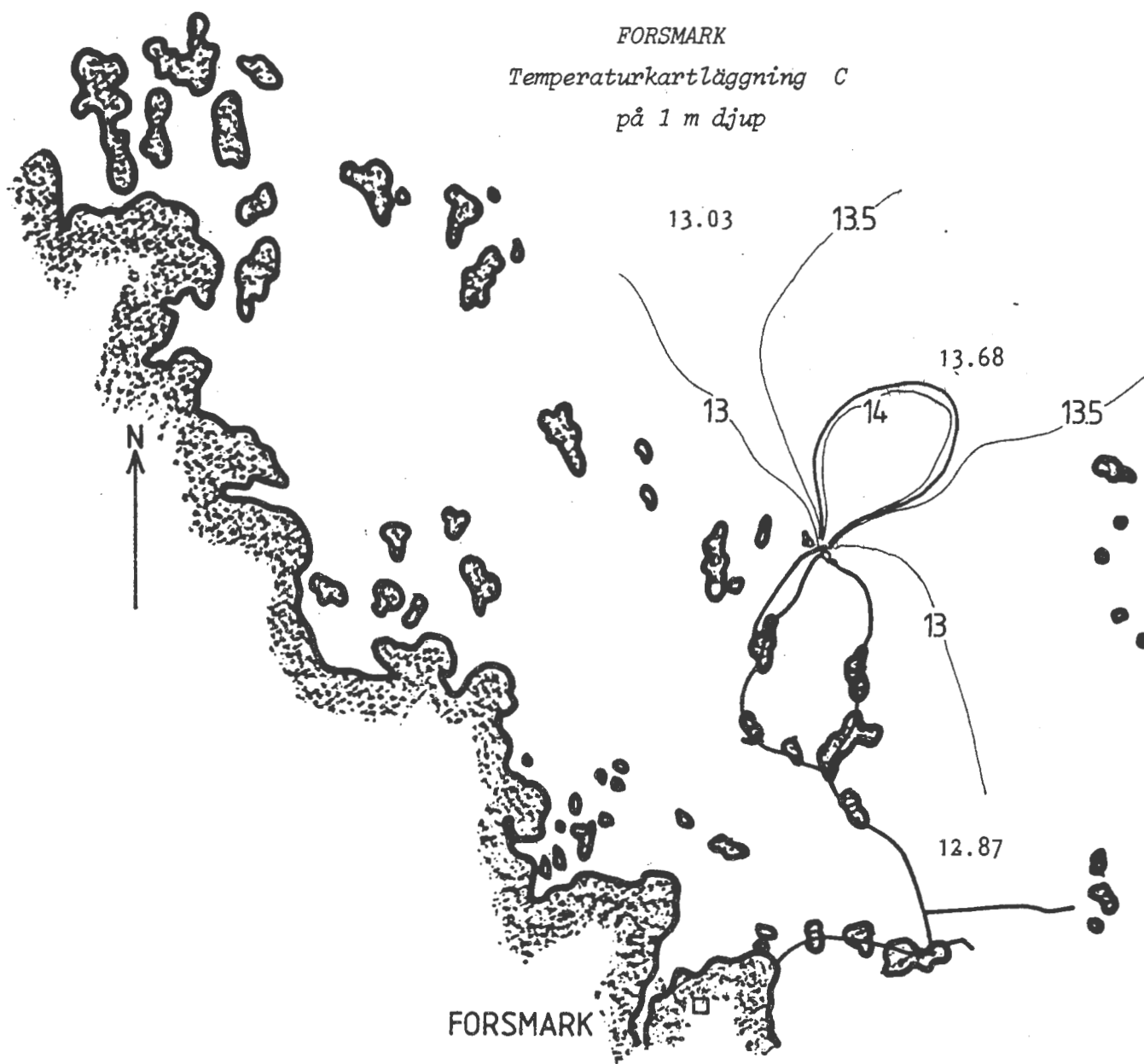
Vindhastighet: 7 m/s

Bakgrundstemperatur: 0.4

Effekt F1 } 100%
 F2 }
 F3 } 100%

Datum: 1988-01-06

Skala 0 1 2 km



Vindriktning: SW

Reservutskovet ☐ öppet ☒ stängt

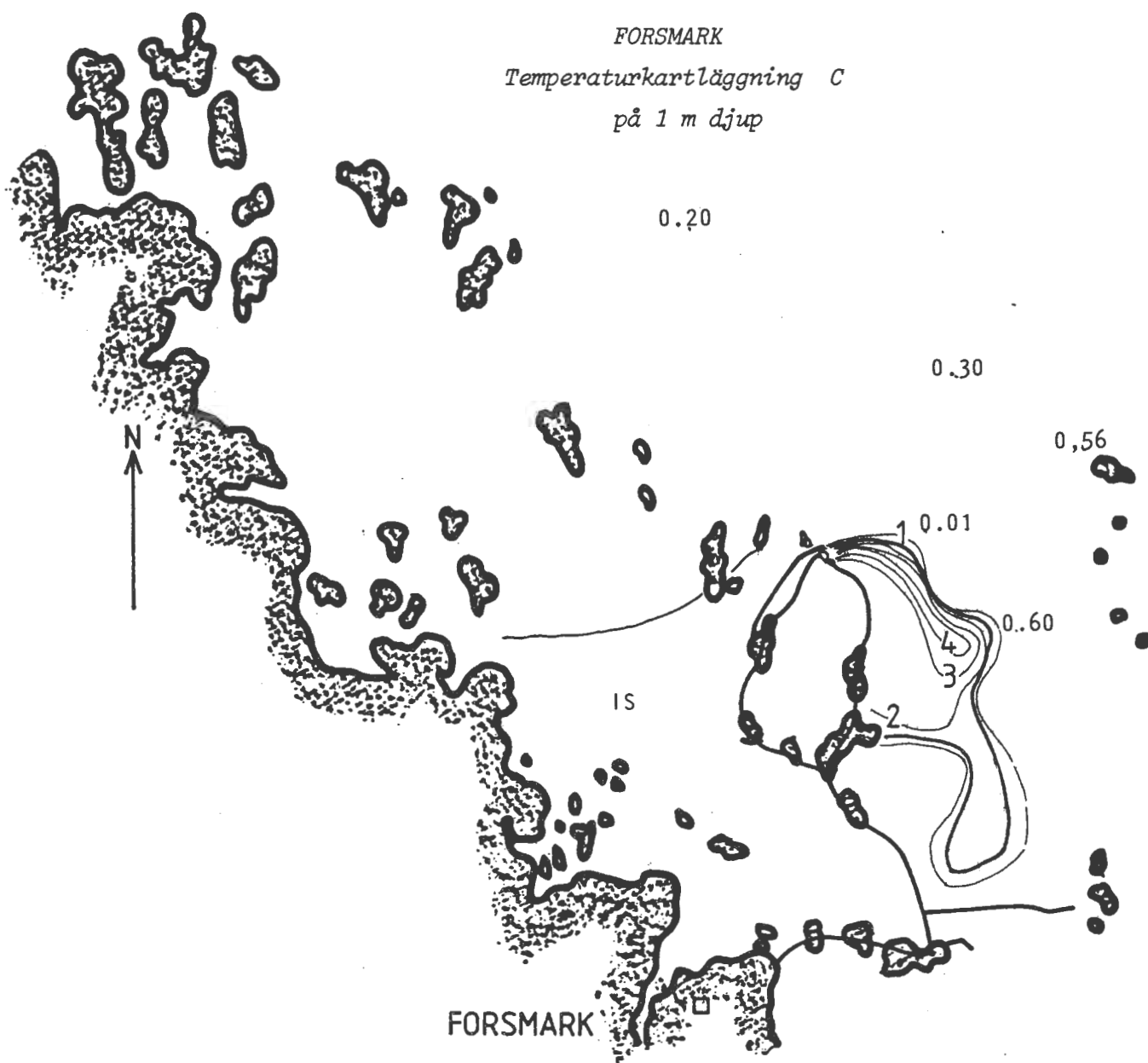
Vindhastighet: 7 m/s

Bakgrundstemperatur: 12.9

Effekt F1 88%
F2 92%
F3 95%

Datum: 1987-09-14

Skala 0 1 2 km



Vindriktning: NW

Vindhastighet: 9 m/s

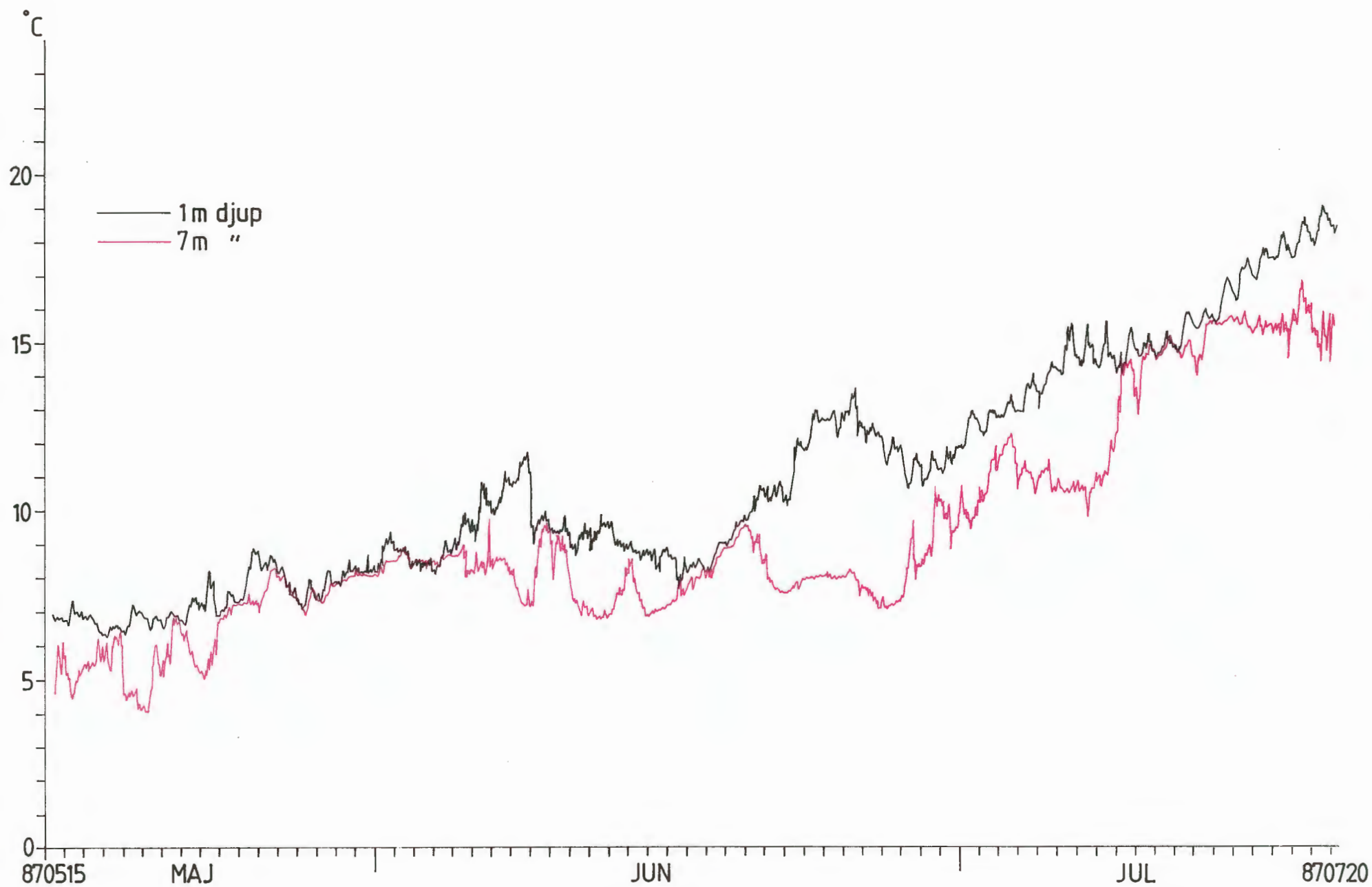
Effekt F1 } 100%
 F2 }
 F3 } 100%

Datum: 1987-12-09

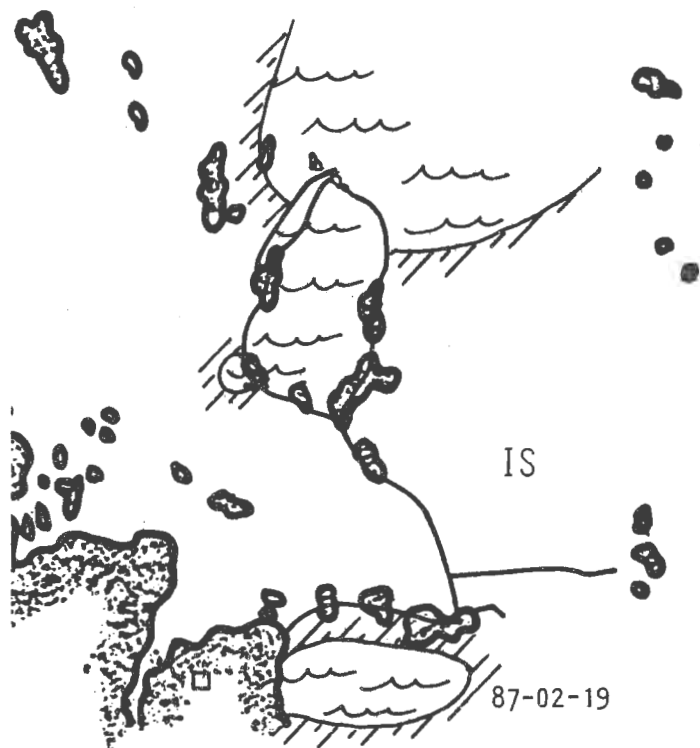
Skala 0 1 2 km

Reservutskövet ☐ öppet ☒ stängt

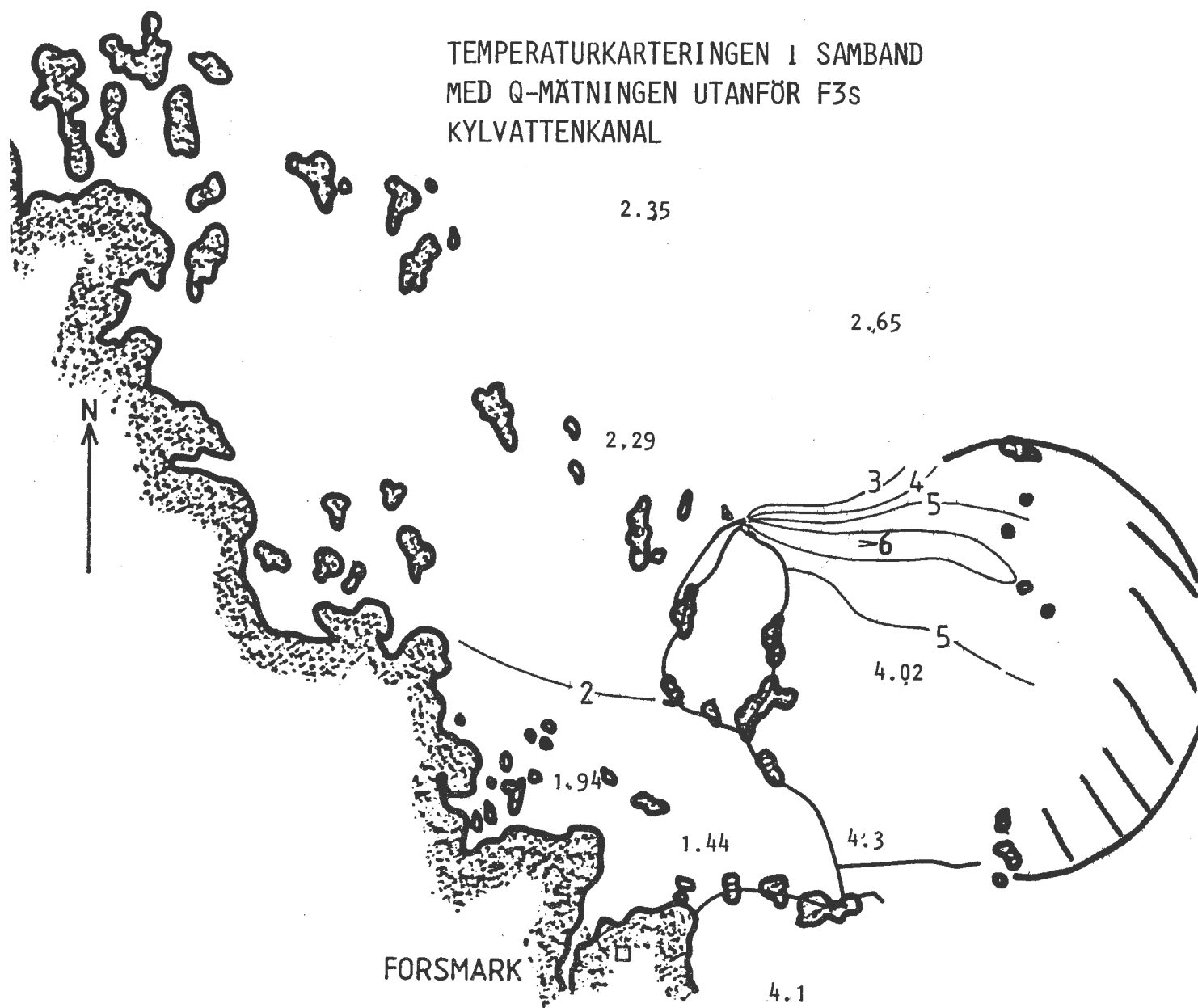
Bakgrundstemperatur: 0.4



ISUTBREDNING VID F3:s KYLVATTENKANAL



ISFRITT 1987-04-30



Vindriktning: NNV

Reservutskovet ☐ öppet ☒ stängt

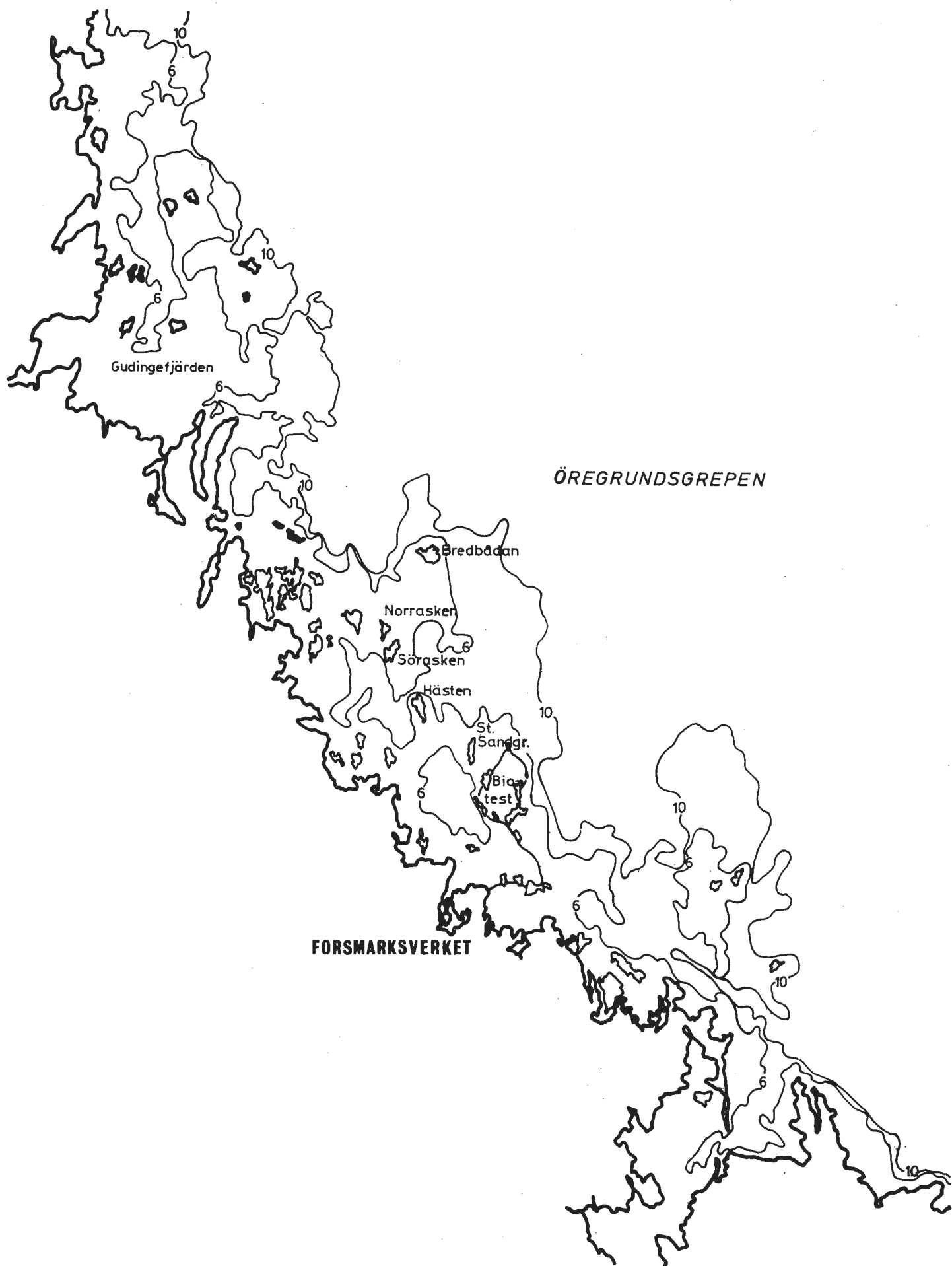
Vindhastighet: 10 m/s

Bakgrundstemperatur: 3.3

Effekt $\left. \begin{matrix} F1 \\ F2 \\ F3 \end{matrix} \right\} 100\%$

Datum: 1987-12-01

Skala 0 1 2 km





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