

OSKARSHAMNSVERKET KYLVATTENUTSLÄPP I HAVET

Slutrapport från oceanografiska undersökningar
utanför Oskarshamnsverket med tre block i drift

Kjell Wickström

Innehållsförteckning

	Sid
Sammanfattning	1
Inledning	2
Oskarshamnsverket	3
Strömmar	3
Skiktning	4
Naturliga temperaturskillnader	5
Fältundersökningar	5
Kylvattenplymens utbredning	6 - 9
Jämförelse mellan två och tre aggregat	9
Sjunkande kylvatten	12
Registrerande temperaturmätningar	13

Bilagor

- 1 Mätvertikalernas lägen
- 2 Kylvattnets utbredning vid full drift med tre aggregat

Sammanfattning

Oskarshamnsverket som är beläget på Simpevarpshalvön cirka två mil nordost om Oskarshamn togs i drift i slutet av 1971, och var färdigbyggt för tre aggregat under 1985.

Resultaten från kontrollundersökningarna med två block i drift har redovisats i två stycken rapporter, 1978 och 1980.

Denna rapport som också är en slutrapport redogör för effekterna av kylvattnet med samtliga tre blocken i drift. Syftet är att beskriva det område som påverkas av det uppvärmda kylvattnet. Kraftverket släpper vid full drift ut 100 m³ kylvatten per sekund. Kylvattnet når havsrecipienten via Hamnefjärden med en hastighet på cirka 0.5 meter per sekund och är då cirka 10 °C varmare än det omgivande havsvattnet.

För att bestämma kylvattnets utbredning har automatiskt registrerande temperaturmätare placerats i ett antal stationer för att under perioder med full drift registrera vattentemperaturens variationer. Kylvattenplymens horisontella utsträckning har också kartlagts med en från båt bogserad temperaturgivare.

På grund av de besvärliga isvintrar som varit har mycket av det registrerande temperatur-materialet ej gått att använda. Det utgör trots allt ett gott komplement till plymkarteringarna från båt. Undersökningarna visar att området med en övertemperatur på 2 °C eller mer har ökat cirka tre gånger. Vi tolkar detta som att recipientens utspädningsförmåga i området närmast Hamnefjärden är uppnådd för det varmaste vattnet. För 1 °C övertemperatur har en fördubbling av de maximala ytorna skett från 6.0 km² till 13.0 km². Detta är rimligt med tanke på att den utsläppta värmemängd fördubblats.

Området som någon gång påverkas av 1 °C övertemperatur är med tre block i drift cirka 15 km².

Med hjälp av resultaten från de mätningar som gjorts har den långsiktiga temperaturförhöjningen bedömts i skärgårdsområden kring vertikalerna T1 och T3.

För området kring vertikal T1 finns ingen påvisbar förhöjning av medeltemperaturen. För den södra skärgårdens gäller att förhöjningen är av storleksordning 0.1 °C.

Inledning

SMHI har tidigare av Växjö tingsrätt, vattendomstolen, förordnats att utföra kontrollundersökningar gällande kylvattenutsläppen från aggregaten 0 I och 0 II (målen Ad 51/1965, Ad 10/1969). SMHI har i två stycken rapporter, 1978 och 1980, redovisat resultaten från dessa kontrollundersökningar. I och med idrifttagandet av det tredje aggregatet 0 III avskrevs de båda vattendomarna gällande 0 I och 0 II. Koncessionsnämnden har därefter i samråd med SMHI och OKG AB fastställt gemensamma bestämmelser för verkets samtliga tre aggregatkontrollundersökningar som bedrivits sedan starten av 0 III har i första hand syftat till att klarlägga huruvida kylvattenutbredningen ökat omotiverat, efter tillskottet från 0 III, i förhållande till utsläppt värmemängd. Farhågor har funnits att recipientens utspädnings- och transportförmåga inte skulle räcka till för att späda ut kylvattnet från samtliga tre aggregat i tillräcklig omfattning. Det skulle innebära ackumulering av det uppvärmda kylvattnet och avsevärt större avkylningsareor. Andra frågeställningar som väckts är om skärgårdsområdet norr om Kråkelund skulle komma att påverkas av kylvattnet och i vilken omfattning. Vad skulle hända i skärgårdsområdet söder om kraftverket? Skulle detta ständigt vara 2 - 3 °C varmare jämfört med naturliga förhållanden. Ytterligare frågor som väckts är om kylvattnets vertikala utbredning väsentligt påverkas vid fördubbling av den utsläppta värmemängden.

Oskarshamnsverket

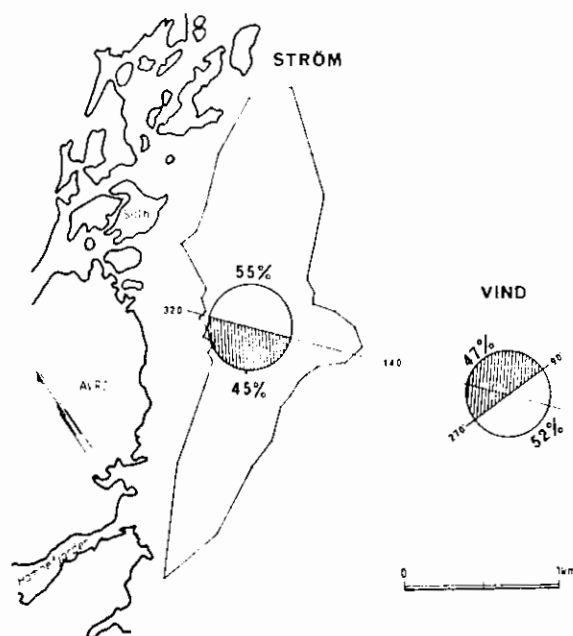
Ungefär 2 mil NNO om Oskarshamn på Simpevarpshalvön ligger Oskarshamnsverket. Det första aggregatet 0I om 460 MW togs i drift i slutet av 1971 och det andra 0 II om 615 MW togs i drift 1974. Under 1985 startades det tredje aggregatet 0 III om 1110 MW. Den totala effekten med samtliga tre aggregaten i full drift är ca 2 200 MW. Samtliga tre aggregaten är av typen lättvattenreaktorer och använder havsvatten för kylning. Kylvattenmängderna för 0 I, 0 II och 0 III uppgår till 22, 28 respektive 50 m³/s. Vid full effekt uppvärms vattnet cirka 10 °C. Kylvattnet till 0 I och 0 II tas in söder om verket på ömse sidor om en bank mellan Simpevarpshalvön och Tallskär. Det är ytvatten som används. Vatten för kylning av 0 III tas in från ett bottenintag NO om hamnpiren. Utsläppet av kylvatten sker via tunnlar till Hamnefjärden för vidare transport genom Hamnehålet ut i havsrecipienten.

HAVSOMRÅDET VID OSKARSHAMNSVERKET

Strömmar

Östersjön är ett utpräglat brackvattenhav. Det präglas av sin fjordkaraktär med trång grund mynning och stort sötvattentillflöde. Ytströmmen är i stort sett vindberoende och av växlande riktning. Jordrotationen ger upphov till en svag moturscirkulation. Detta innebär en svag genomsnittlig sydgående transport längs den svenska kusten. Typiskt värde på den vinddrivna ytströmmen är omkring 10 cm/s. Tillfälliga värden av storleksordning 30 - 50 cm/s har uppmätts. Strömmätningar under perioden 1975 - 76 utanför Ävrö visar att kustparallella strömmar är betydligt vanligare än riktningar från eller mot land. Nord- och sydgående strömmar förekommer ungefär lika ofta.

Enligt strömkorsmätningar påverkas den naturliga strömbilden inom någon kilometer från Hamnehålet av kylvattenutsläppet. I ytan avlänkas strömmen, ut från land, av kylvattenplymen. Strömhastigheterna överstiger dock inte påtagligt den naturliga annat än omedelbart utanför Hamnehålet.



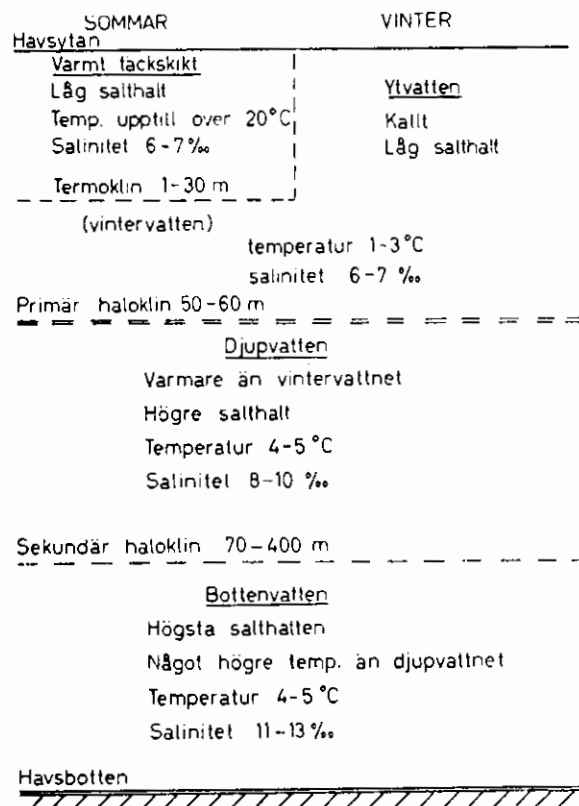
Fördelning av vind- och strömriktningar vid
Simevarp under perioden 75-09-24--76-10-27

Skiktning

Östersjöns vertikala skiktning kan grovt sett inndelas i fyra skikt.

- I Ett ytskikt med varmare vatten som utbildas under våren och sommaren.
- II Ett mellanskikt med kallare vatten som avskiljs från ytskiktet av ett temperatursprångskikt. Vintertid utsuddas gränsen mellan ytskikt och mellanskikt.
- III Ett djupvattensskikt som avskiljs från yt- och mellanskiktet av ett permanent salthaltssprångskikt.
- IV I djupare områden ett skikt med bottenvatten av högre salthalt än djupvattensskiktet i övrigt.

I det övre skiktet ner till haloklinen, vilket gäller för vattnet utanför Oskarshamnsverket, är de årliga temperaturvariationerna stora. De högsta temperaturerna infaller för ytvattnet i augusti och de lägsta under februari.



Schematisk bild av de olika språngskikten i centrala Österjön ur
S Fonselius: Oceanografi

Naturliga temperaturskillnader

I grundare kustområden och i skärgårdsområden stiger temperaturen i ytskiktet snabbare under våren och sjunker snabbare på hösten än i öppna havet. Påtagliga temperaturskillnader uppträder då mellan kustvatten och öppet hav. Det innebär att det uppstår svårigheter i tolkningen av kylvatteneffekterna under dessa tider.

Uppvällning

Ett fenomen, som kan ge märkbara temperaturskillnader i havsvattnet är så kallad uppvällning. Det varma ytvattnet vid kusten drivs av frånlandsvindar ut till havs och kallt vatten tränger upp från djupare skikt. Sommartid kan uppvällningen ge horisontella skillnader på 4 - 5 °C. Vintertid driver nedkylt ytvatten ut från skärgården av frånlandsvindar och ersätts då av djupare liggande vatten som kan vara 1 - 2 °C varmare. Att särskilja dessa effekter från kylvatteneffekten i skärgården är ytterligt svårt.

Fältundersökningar

Mätningarna som legat till grund för bedömningen av kylvattenutsläppet från O I och O II har i stora drag utgjorts av: registrerande temperaturmätare i sammanlagt sju vertikaler, manuellt insamlade temperatur- och salthaltsdata från ett stort antal punkter, sammanlagt 35 stycken temperaturkartläggningar från båt under skiftande väderförhållanden. Mätprogrammet finns i detalj beskrivet i SMHI rapport 1980-04-20

För att följa upp de tidigare gjorda fältmätningarna, var nu tanken i och med starten av O III att följa plymens rörelser med hjälp av åtta stycken registrerande temperaturmätare, placerade söder, norr och öster om Hamnefjärden. De två senaste stränga vintrarna 1985/86 och 1986/87 drabbade SMHIs kontrollundersökningar hårt. De besvärliga isförhållandena orsakade förlust av mätinstrument. Vid mätperiodens slut lyckades vi endast återfinna hälften av våra instrument. Metodiken med registrerande temperaturmätare ger ett något bättre statistiskt underlag än manuella karteringar, för att beräkna sambandet mellan vinden och kylvattenutbredningen. Men med tanke på de förluster vi åsamkats valde vi att kartlägga spridningen av kylvattnet från båt med temperaturgivare kopplad till skrivarenhet.

Mätningar med bogserad temperaturgivare tar några timmar i anspråk för varje kartläggning. Ström- och vindförhållanden kan därför ibland ändras under mätningarnas gång. Det kan innebära att plymen till synes kan få en något större utbredning vid vissa enskilda tillfällen.

Plymutbredningens huvudriktningar

Kylvattenplymens utbredning kan indelas i tre huvudklasser samt en klass för de speciella tillfällen med sjunkande kylvatten.

- * Nordgående plymer omfattande vindar inom intervallet 120 - 240 ° med vindhastigheter > 3 m/s.
- * Utgående plymer omfattande vindar inom intervallet 240 - 335 ° med vindhastigheter > 3 m/s samt alla vindriktningar med hastigheter < 3 m/s.
- * Sydgående plymer omfattande vindar inom intervallet 335 - 120 ° med vindhastigheter > 3 m/s.
- * Sjunkande kylvatten, vindstilla eller istäckt recipient, vatten-temperatur < 2.5 °C.

Kylvattenplymen är påtagligt vindberoende och svarar i allmänhet snabbt på större vindförändringar. Det är emellertid inte alltid så att strömmen följer en vindvridning omedelbart. Det innebär att det förekommer tillfällen då plymen inte passar in exakt i någon plym-klass. Så småningom ställer dock strömmen in sig efter vindriktningen.

Plymens vertikala utbredning

Kylvattenplymen når normalt ner till ett djup kring 6 - 8 meter närmast Hamnefjärdens mynning för att vid plymens ytterkant (1 °C övertemperatur) ha en vertikal utsträckning på cirka 1 - 2 meter. Vid pålandsvindar sker på lovarts sida av plymen en uppstuvning, vilket medför att kylvattnet där kan nå ner till 5 - 6 meters djup.

Under vintertid gäller generellt att densitetsskillnaden mellan kylvattnet och recipientvattnet är betydligt mindre än under sommarhalvåret. Det innebär större vertikal omblandning i området närmast Hamnefjärden. Vid en jämförelse mellan drift med O I och O II och med full drift på samtliga tre aggregaten har vi fått fram att den vertikala inblandningen blir något större närmast land (1 - 2 meter djupare) med 3 aggregat. I plymens ytterkanter är det ingen skillnad mellan drift med två och tre aggregat. Plymen förblir där tunn.

Utsläppt värmemängd

Den utvecklade termiska energin utnyttjas till cirka 1/3 för elkraftsproduktion. Resterande kyla bort med havsvatten som pumpas genom kraftverket.

Kylvattnets temperatur höjs därmed cirka 10 °C. Vid full drift med alla tre aggregaten är den utsläppta värmemängden cirka 97 GWH/dygn. Sammanlagt pumpas då 100 m³/s kylvatten. Den utsläppta värmemängden från O I och O II utgör cirka hälften av den totala värmemängden.

Kylvattnets utbredning på tre meters djup har också kartlagts. Resultatet från den visar entydigt att vid pålandsvindar blir det ingen skillnad i horisontell utbredning på plymens lovartsida mellan en och tre meters djup. På läsidan blir plymerna cirka 20 - 25 procent större i ytan. Vid vindar vinkelrät mot land blir plymerna i allmänhet lika stora från ytan ner till tre meters djup. Frånlandsvindar ger cirka 20 - 25 procents större plymer i ytvattnet än på tre meters djup.

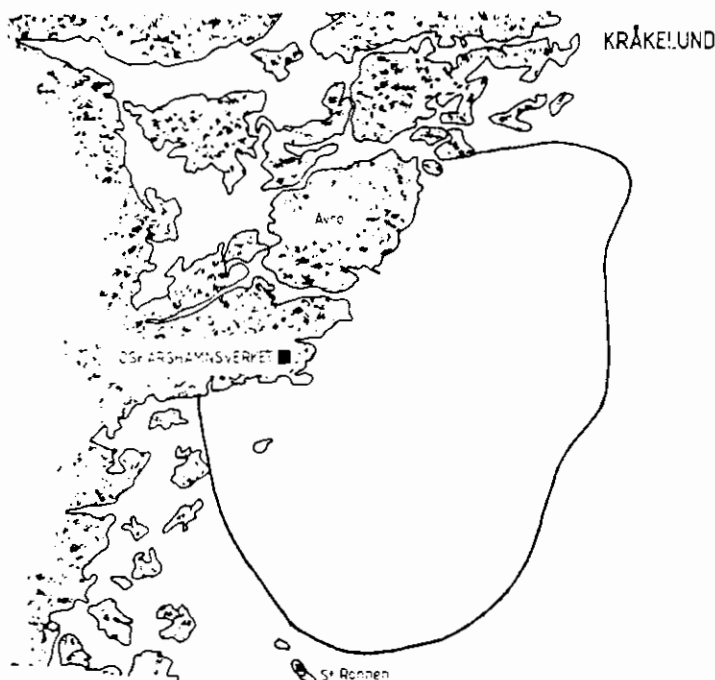
Kylvattnets utbredning

Efter att kylvattnet pumpats ut i Hamnefjärden når det öppna havet via Hamnehålet. Kylvattnet har en hastighet av cirka 0.5 m/s när det lämnar Hamnehålet och möter recipientvattnet. Det är framför allt denna jeteffekt som ger upphov till den stora vertikala omblandningen i närområdet. Ytorna på 4 - 5 °C övertemperatur är därför oftast små. Vattnets rörelsemängd som dominerar i det första intensiva blandningsskedet är oftast förbrukad redan efter 500 - 600 meter från Hamnehålet.

När avståndet från Hamnehålet ökar tar de naturliga blandningsprocesserna överhanden (omblandningen drivs av vågor och strömmar) och kylvattnet sprids vidare med mindre vertikal omblandning ut i recipienten. Förutom omblandningen med havsvatten sker också en temperatursänkning genom värmeavgivning från havsytan till atmosfären.

Resultaten kylvattenutbredningen

För att klarlägga kylvattenutbredningen utanför Simpevarp med samtliga tre block i drift, har vi utfört temperaturkartläggningar för båt. Sammanlagt har 26 kartläggningar med i det närmaste full drift utförts. Samtliga kartläggningar finns redovisade som bilagor i slutet av rapporten. Olika väderförhållande med skiftande vindriktning har förekommit vid mättillfällena. I stort har alla tänkbara utbredningsriktningar fångats. Den vanligaste utbredningsriktningen är utgående plymer med dragning åt syd. Detta för med sig att det många gånger är svårt att dra skarpa gränser mellan de olika plymklasserna. De 26 olika plymbilderna har fördelat sig enligt följande: fem nordgående plymer, nio utgående plymer, elva sydgående plymer och en med sjunkande kylvatten. Genom att lägga samman den maximala utbredningen för de tre plymklasserna har ett område som någon gång påverkats av 9 °C övertemperatur bestämts. Detta område är för full drift med alla tre blocken cirka 15 km² (se figur på nästa sida).



Motsvarande areor för kärnkraftverket vid Ringhals har bestämts till cirka 16 km². Orsaken till att ytan i Ringhals i förhållande till producerad effekt är mindre (effekt totalt Ringhals 3 150 MW, effekt Simpevarp 2 200 MW), beror på att vattenomsättningen är betydligt större på västkusten vid Varberg än utanför Simpevarp. Strömmen kan där vara kraftig trots att det råder lugna vindförhållanden.

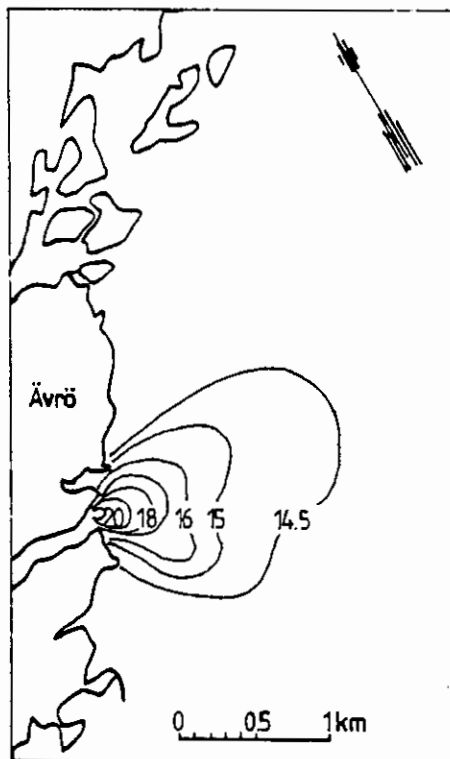
De största enskilda plymerna utanför Simpevarp inträffar vid svaga frånlandsvindar eller när det är vindstilla. Vid dessa tillfällen har ytor för 1 °C övertemperatur uppmätts till nästan 13 km².

Jämförelse mellan drift med två och tre aggregat

Tidigare gjorda kartläggningar med O I och O II i full drift har visat att ytor på närmare 6 km² för 1 °C övertemperatur förekom.

Med nuvarande driftsförhållanden genomföres service och underhåll vid Oskarshamnsverket under tiden maj - augusti. Det innebär att det är ovanligt med full drift på samtliga tre aggregaten under sommaren. Man kan räkna med att den utsläppta värmemängden under maj - augusti är i genomsnitt hälften så stor som vid full drift under vinterhalvåret. Det skulle motsvara en genomsnittlig utsläppt värmemängd på cirka 46 GWh/dygn.

Vi har valt ut 5 stycken temperaturkartläggningar med två aggregats drift under sommarperioden. Vid dessa tillfällen var värmeutsläppen i det närmaste lika stora som normalt vid nuvarande drift med tre aggregat under sommaren. Se figur på nästa sida.

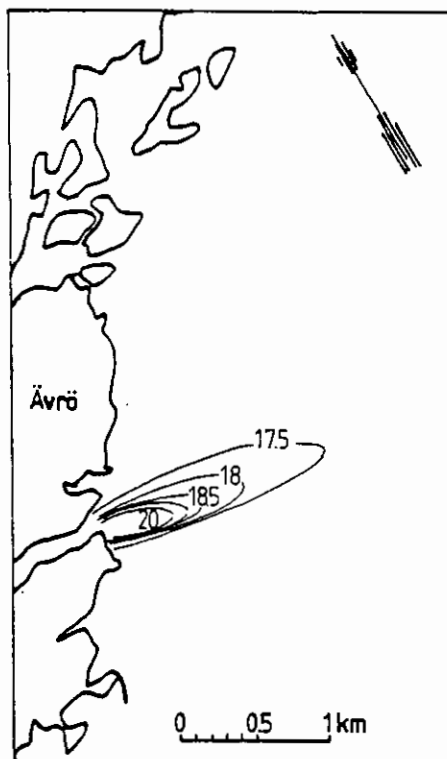


75-09-09

Bakgrundstemperatur 13.5 °C

Vind SW 6 - 12 m/s

Utsläppt värmemängd 46 GWh/d

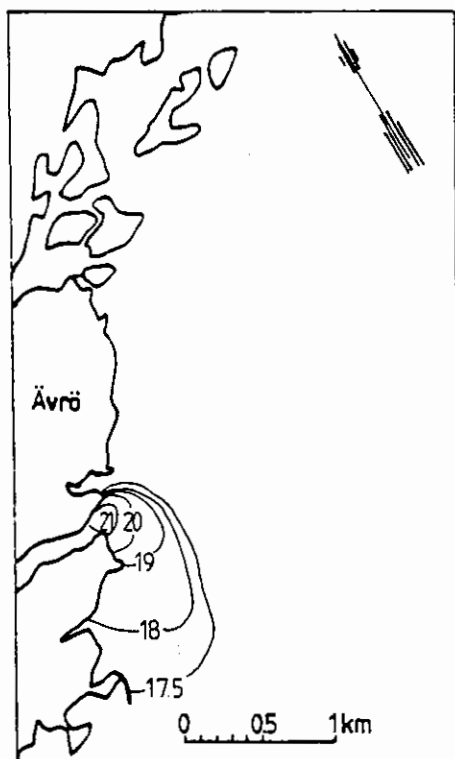


76-08-03

Bakgrundstemperatur 16.5 °C

Vind SW 4 - 10 m/s

Utsläppt värmemängd 41 GWh/d

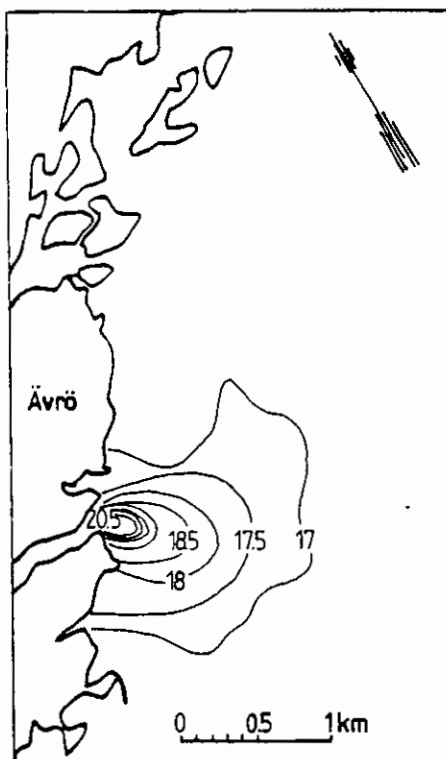


76-07-13

Bakgrundstemp 16.5 °C

Vind NE 6 - 10 m/s

Utsläppt värme 33 GWh/d

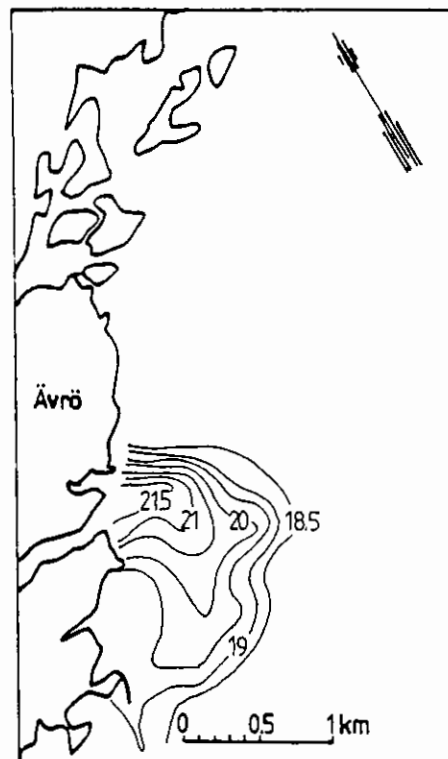


76-08-04

Bakgrundstemp 16.5 °C

Vind W-NW 5 - 8 m/s

Utsläppt värme 40 GWh/d



77-08-17

Bakgrundstemp 17.5 °C

Vind E 3 - 6 m/s

Utsläppt värme 35 GWh/d

Resultat

Utvalda sommarfall

Qm GWh/dygn	Antal	Areor 2 °C övertemperatur		
		medel	min	max
39	5	1.4	0.5	1.9

Den utförda jämförelsen visar att man inte kan förvänta sig några dramatiska plymutbredningar med nuvarande driftsförhållanden under sommarhalvåret.

Det bör dock påpekas att SMHI:s mätningar bara utgör ett urval av de möjliga situationer som kan förekomma.

De långtidsmätningar av temperaturer som utförts i vertikal K1 cirka 2 km SO Hamnehålet stöder våra bedömningar. Det kan därför anses riktigt att plymkarteringarna som är gjorda under full drift med tre aggregat på vinterhalvåret, i stort är representativa för eventuella fulldriftssituationer under sommarhalvåret.

I tabellen nedan redovisas hur kylvattenplymernas avkylningsytor beror av den utsläppta värmemängden.

Antal reakt	antal kart	medelvärde utsläppt GWh/dygn värmemängd	övertemperatur		
			ytor 2 °C		ytor 1 °C
			med	max	max
1 OI	18	22	0.4	1.0	3.0
2 OI+OII	15	43	0.9	1.9	6.0
3 OI+OII+OIII	25	95	3.5	7.0	13.0

Sjunkande kylvatten

Under vintern då vattentemperaturen i recipienten ligger under temperaturen för vattnets densitetsmaximum, kan det med recipientvattnet uppblandade kylvattnet få en större densitet än det kalla havsvattnet. Havsvattnets densitetsmaximum ligger vid Simpevarp omkring $+ 2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Förutsättningarna för sjunkande kylvatten är förutom densitetskillnaden, att det skall vara liten vattenrörelse (turbulens). Det krävs således perioder med lugnt väder eller att vattenrörelsen dämpas på grund av isläggning. Under icke islagd tid förekommer enstaka tillfällen med sjunkande kylvatten. Varaktigheten vid dessa tillfällen är mestadels kort. Under islagd tid kan däremot längre perioder (flera dagar) med sjunkande kylvatten förekomma. Efter sjunkförloppet följer kylvattnet bottenens lutning eller inlagras på en mellannivå och följer med den rådande strömmen.

Vid det tillfället då vi noterade sjunkande kylvatten låg isen fast utanför Hamnefjärden. Kylvattnet skapade en vak strax utanför Hamnehålet. Vaken var inte större än cirka 0.5 km och iskanten var förhållandevis tjock. Det innebär att kylvattnet inte kommer i kontakt med iskanten innan det når sitt densitetsmaximum och dyker mot botten.



Registrerande temperaturmätningar

Som vi tidigare nämnt var vi tvingade att överge planerna att studera kylvattenutbredning med hjälp av registrerande temperaturmätare.

Under perioden november 1985 - februari 1986 finns registreringar från vertikalerna T 1, T 2 och T 3 med i det närmaste full drift på samtliga tre blocken.

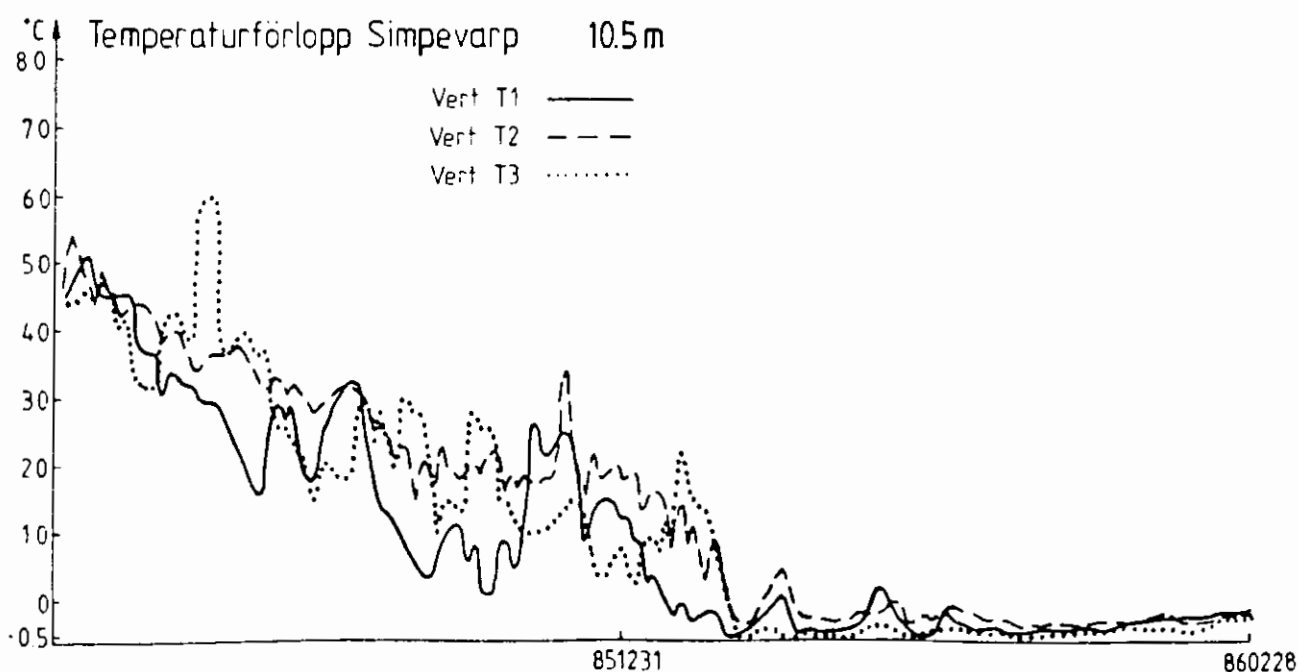
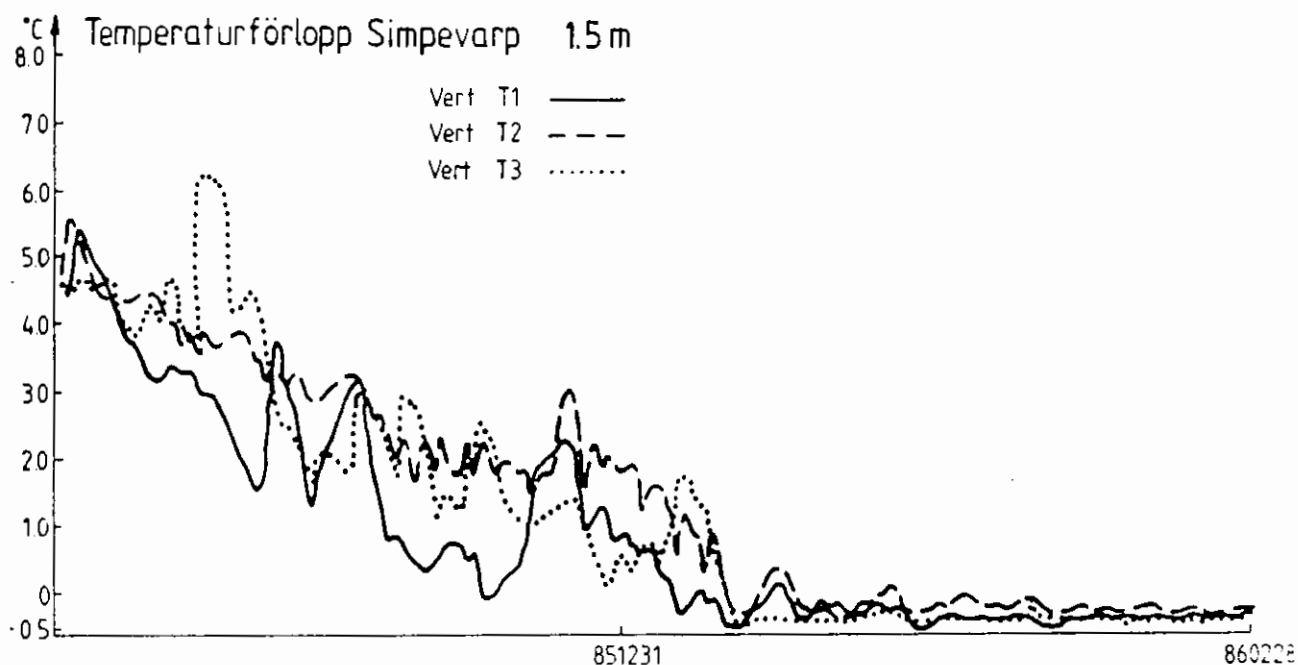
I nedanstående tabell redovisas månadsmedel, max- och min-temperaturer från 1.5 meters djup.

	T 1			T 2			T 3		
	medel	max	min	medel	max	min	medel	max	min
nov	3.4	5.7	1.6	4.2	5.7	3.1	4.4	7.3	2.2
dec	1.3	3.4	-0.1	2.3	3.5	1.3	1.7	3.6	0.0
jan	-0.1	0.8	-0.4	0.2	1.9	-0.4	-0.3	-0.8	-0.4
feb	-0.4	-0.1	-0.4	-0.2	0.0	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4

Det framgår att avkylningen sker snabbare i vertikal T 1 vid Marö än i vertikal T 3 vid Gudingen. Det förklaras av att de inre delarna av skärgården avkyls snabbare under november - december.

Under förvintern januari - februari är temperaturen i vertikalerna T 1 och T 3 förhållandevis lika. Medan T 2 som ligger ute i öppet vatten har en något högre medeltemperatur.

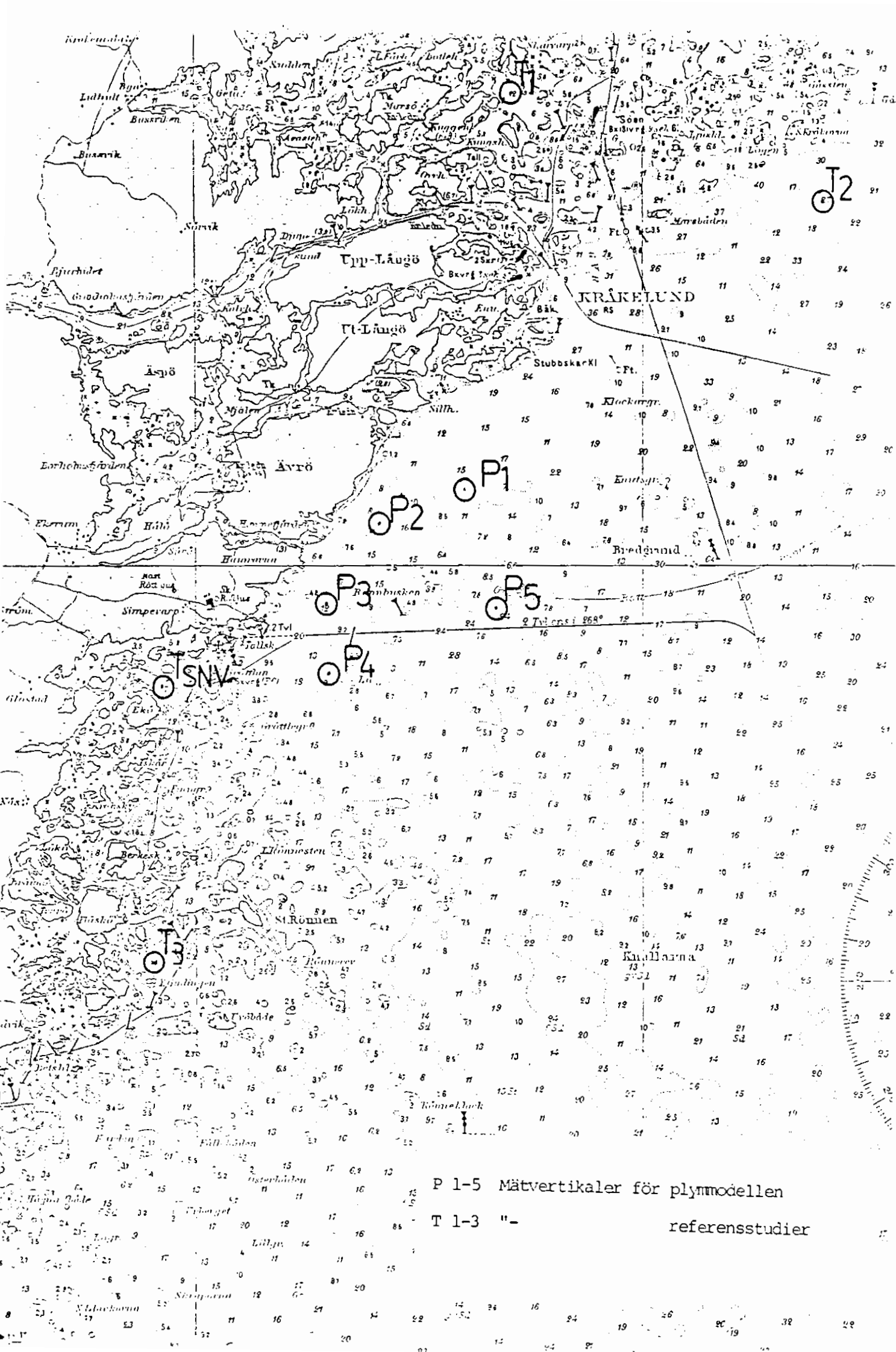
Temperaturförloppen för de tre vertikalerna har plottats på två olika djupnivåer 1.5 respektive 10.5 meter. Dessa visar att skillnaderna i temperaturen mellan de olika platserna är stort de samma för båda djupen. I och med att skillnaderna slår i genom även på 10.5 meters djup är de till allra största delen förklarade av naturliga variationer i vattentemperaturen. Skillnaden i vattentemperatur mellan de olika vertikalerna är störst under själva avkylningsperioden för att sedan under vintern minska eller helt avta. Villket även det styrker att det inte är kylvattenpåslag som ger temperaturskillnaderna.



Med hjälp av de mätningar med registrerande instrument som genomförts vintern 1985/86 kan inga stora påvisbara effekter av kylvattnet spåras i vertikalerna T 1 och T 3. Vilket också styrks av de plymkarteringar som genomförts. I skärgårdsområdet närmast kylvattenintaget för O I och O II kan en långsiktig förhöjning på cirka 0.5 °C vara möjlig. Temperatur förhöjning avtar i storlek ner mot vertikal T 3 och rör sig där om högst någon eller några 0.1 grader.

Skärgården norr om Kråkelund berörs endast i sällsynta fall av kylvattnet och ger därför ingen mätbar långsiktig genomsnittlig förhöjning av vattentemperaturen.

BILAGOR

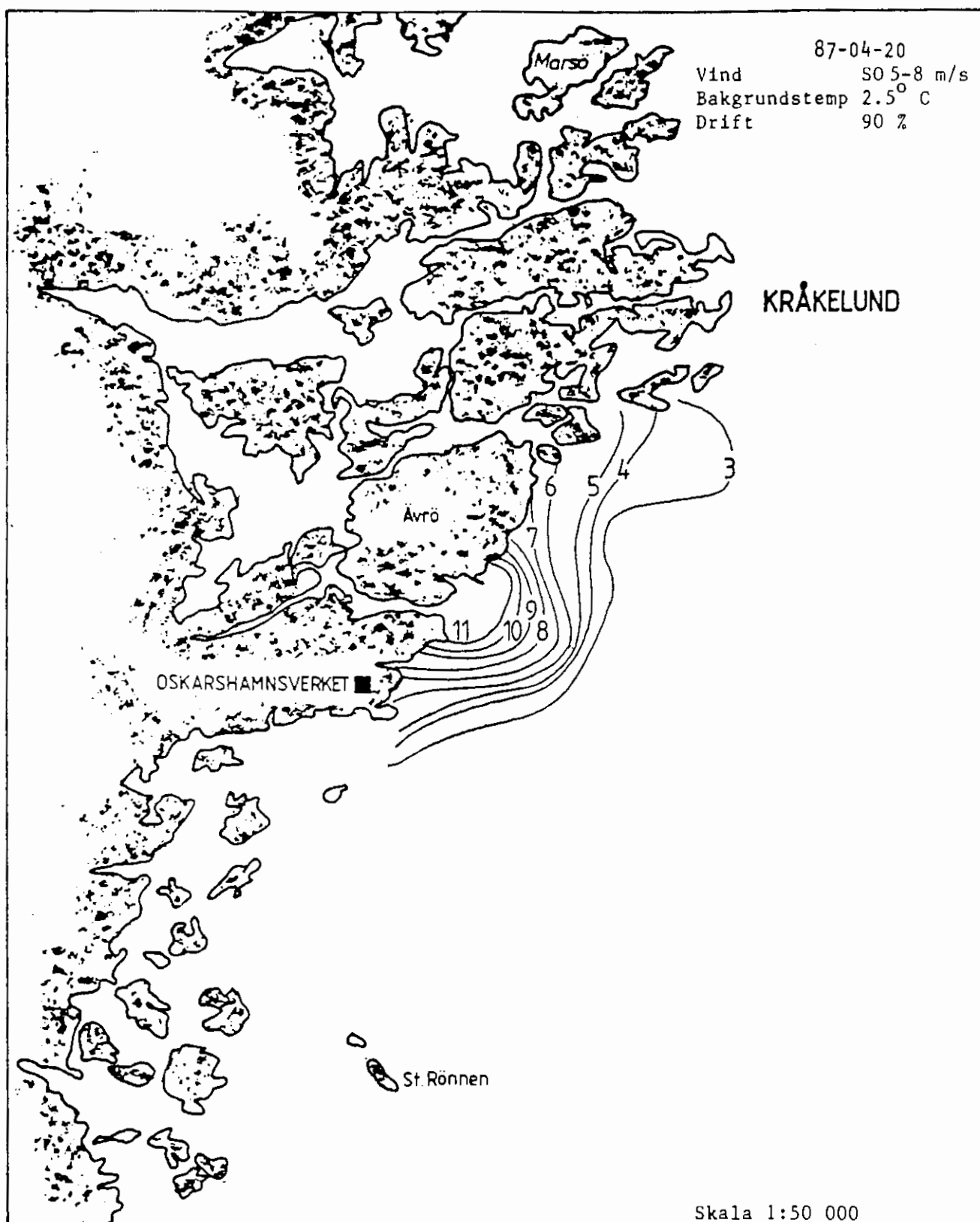


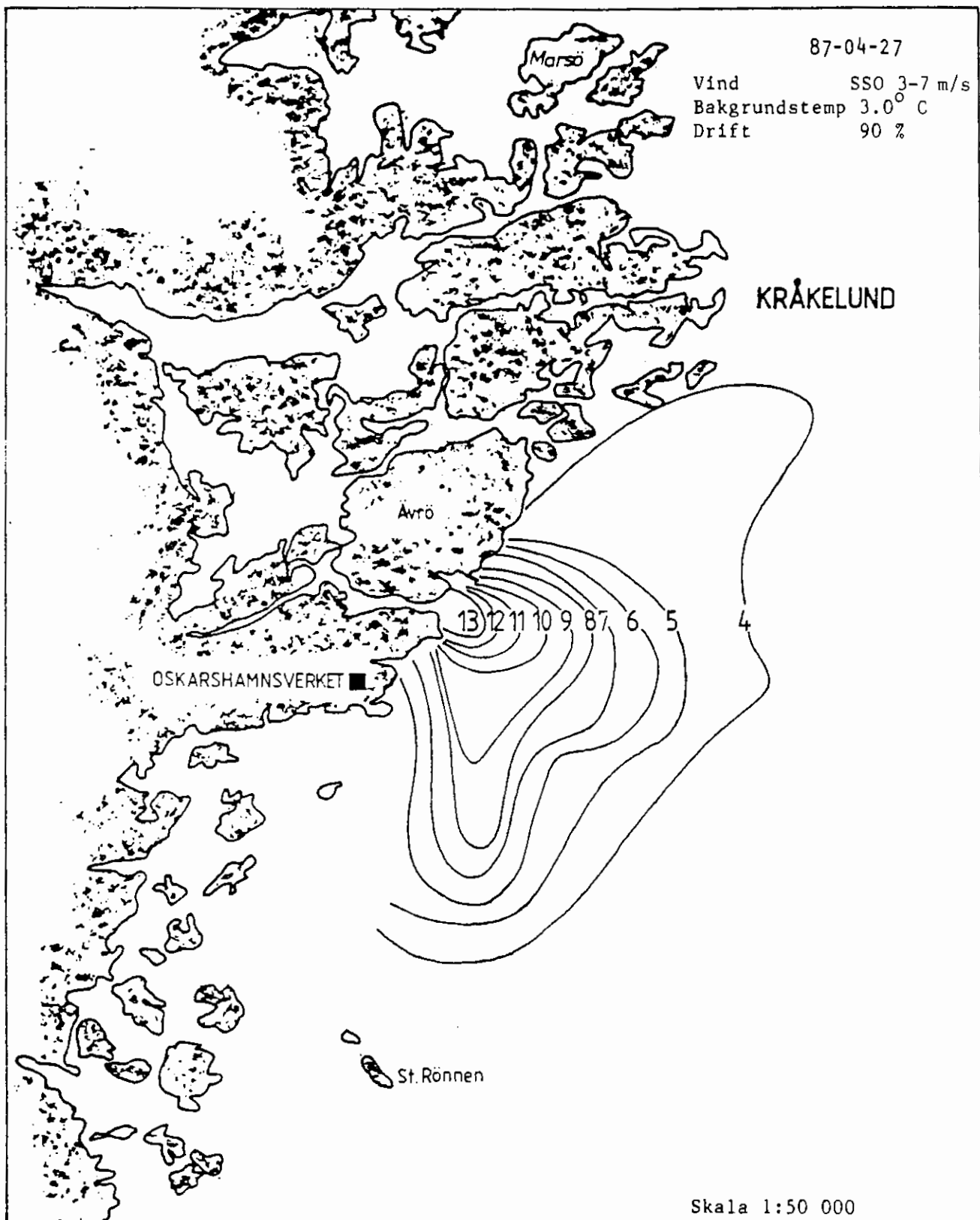
P 1-5 Mätvertikaler för plynmodellen

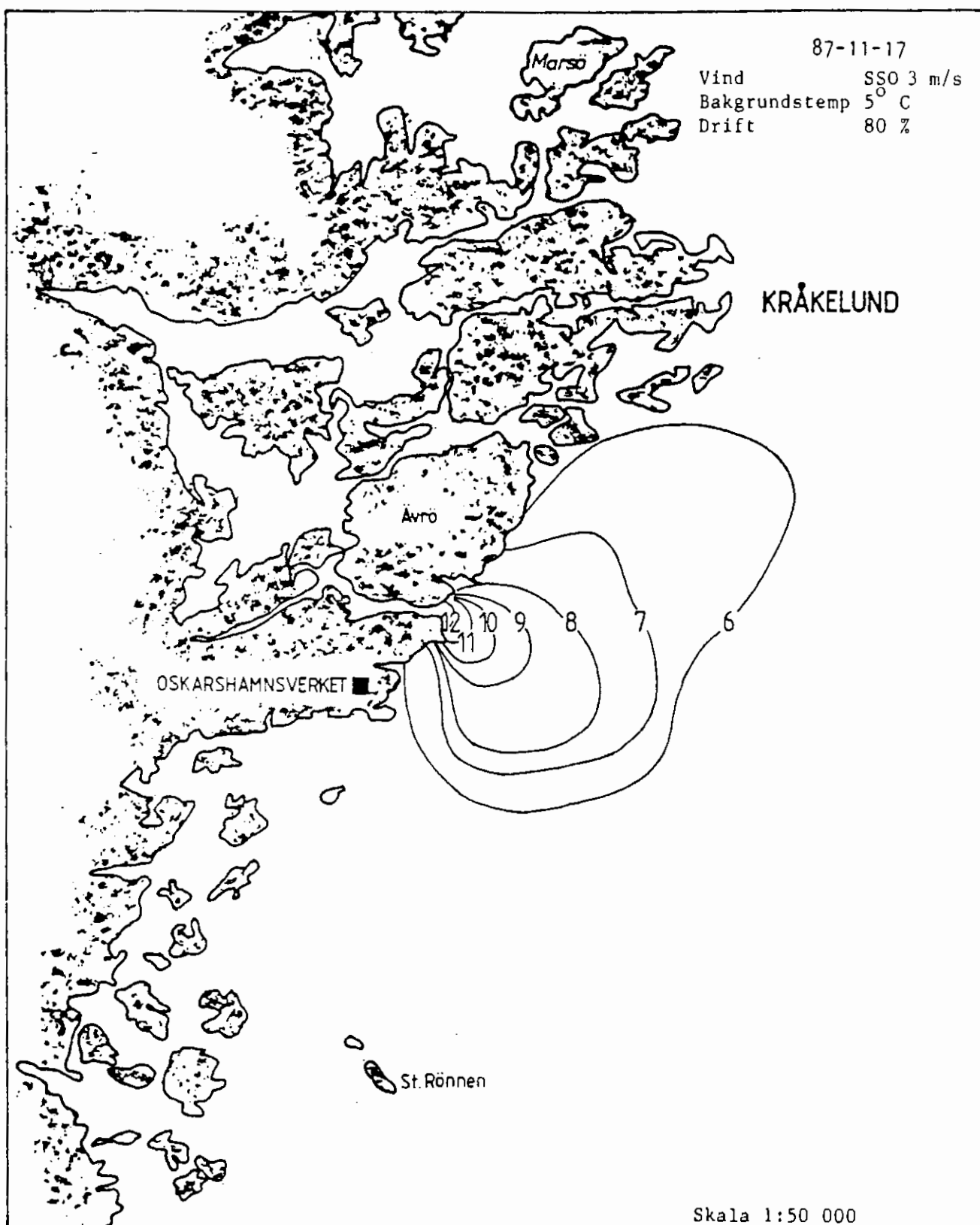
T 1-3 -

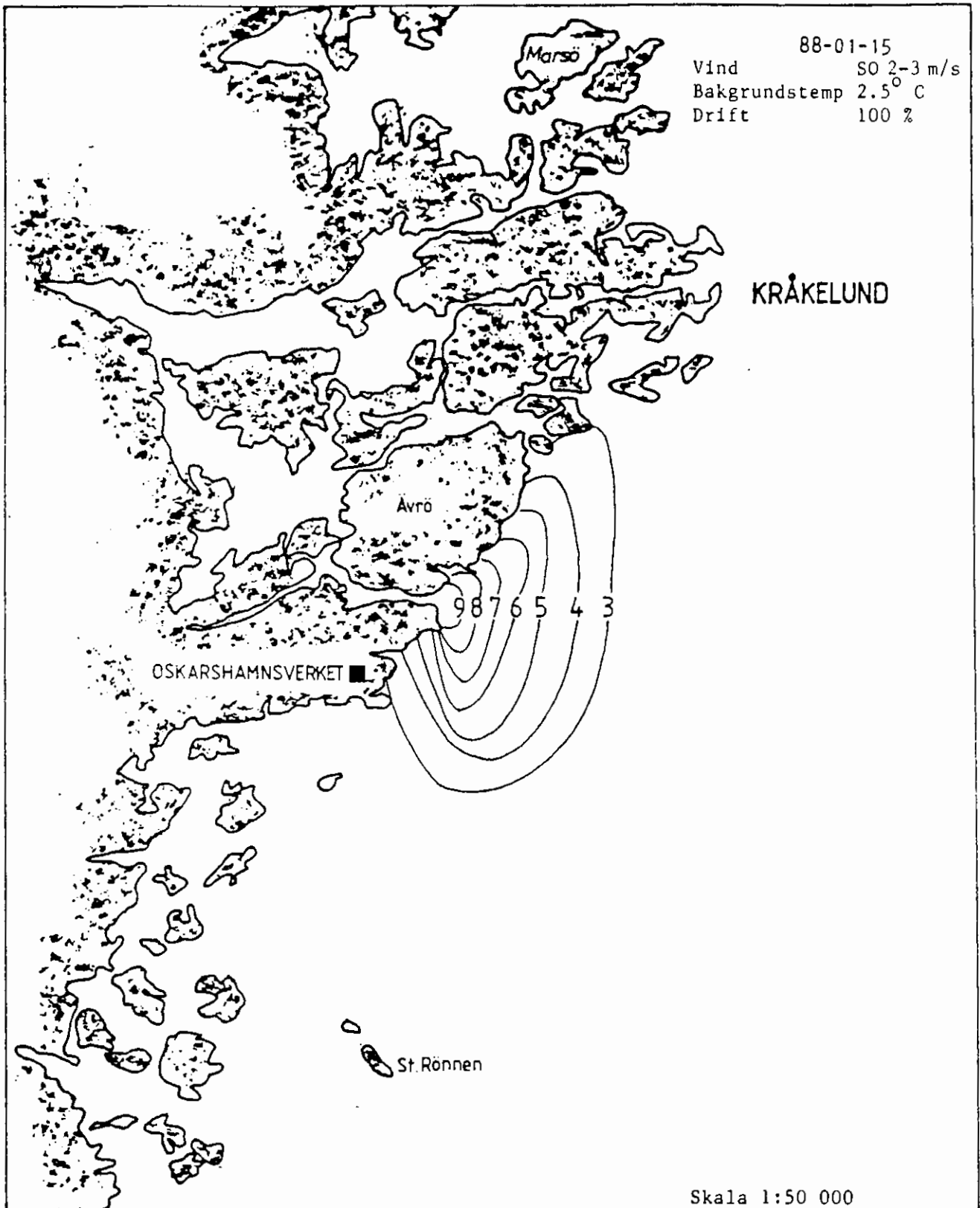
referensstudier

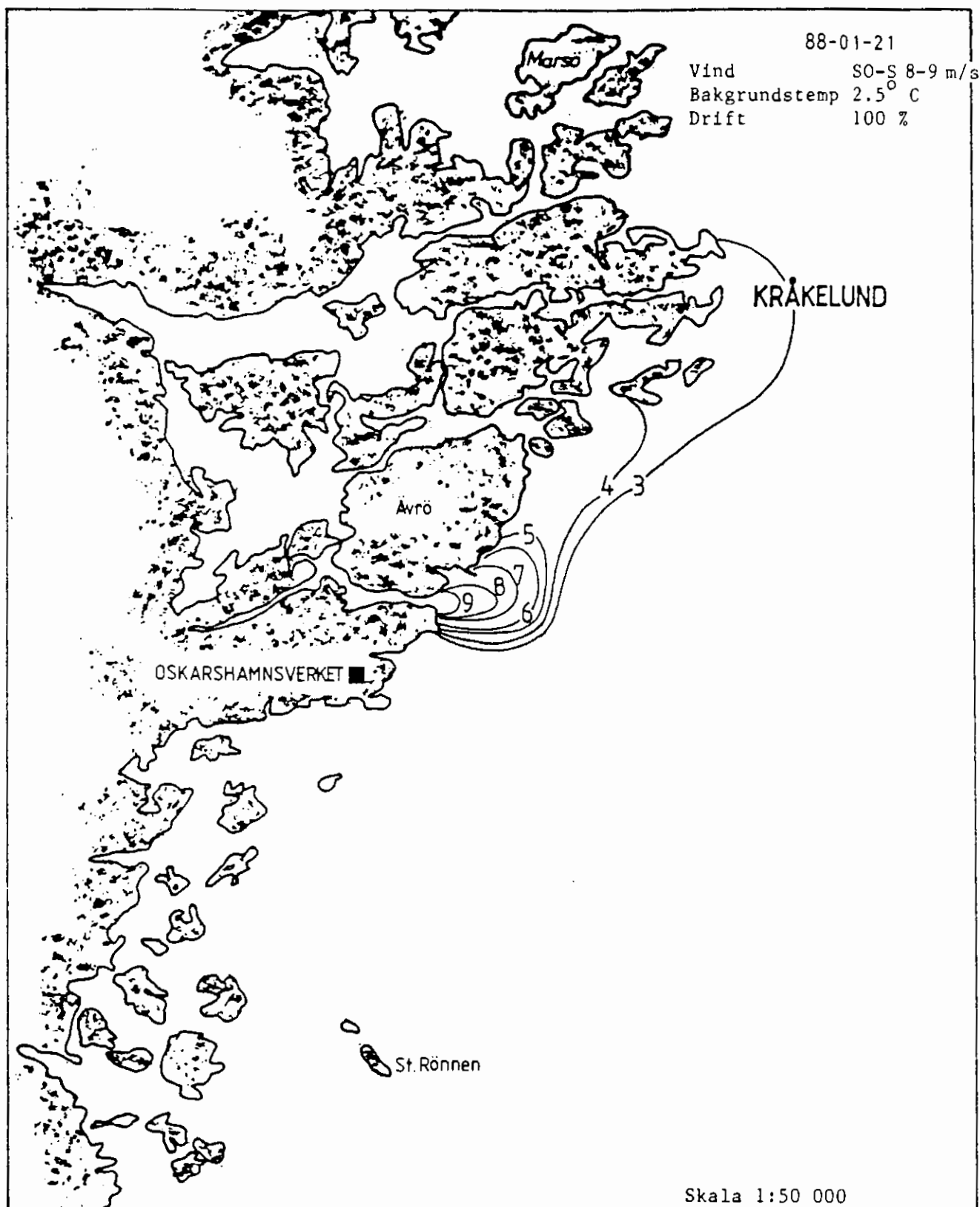
NORDGÅENDE PLYMER



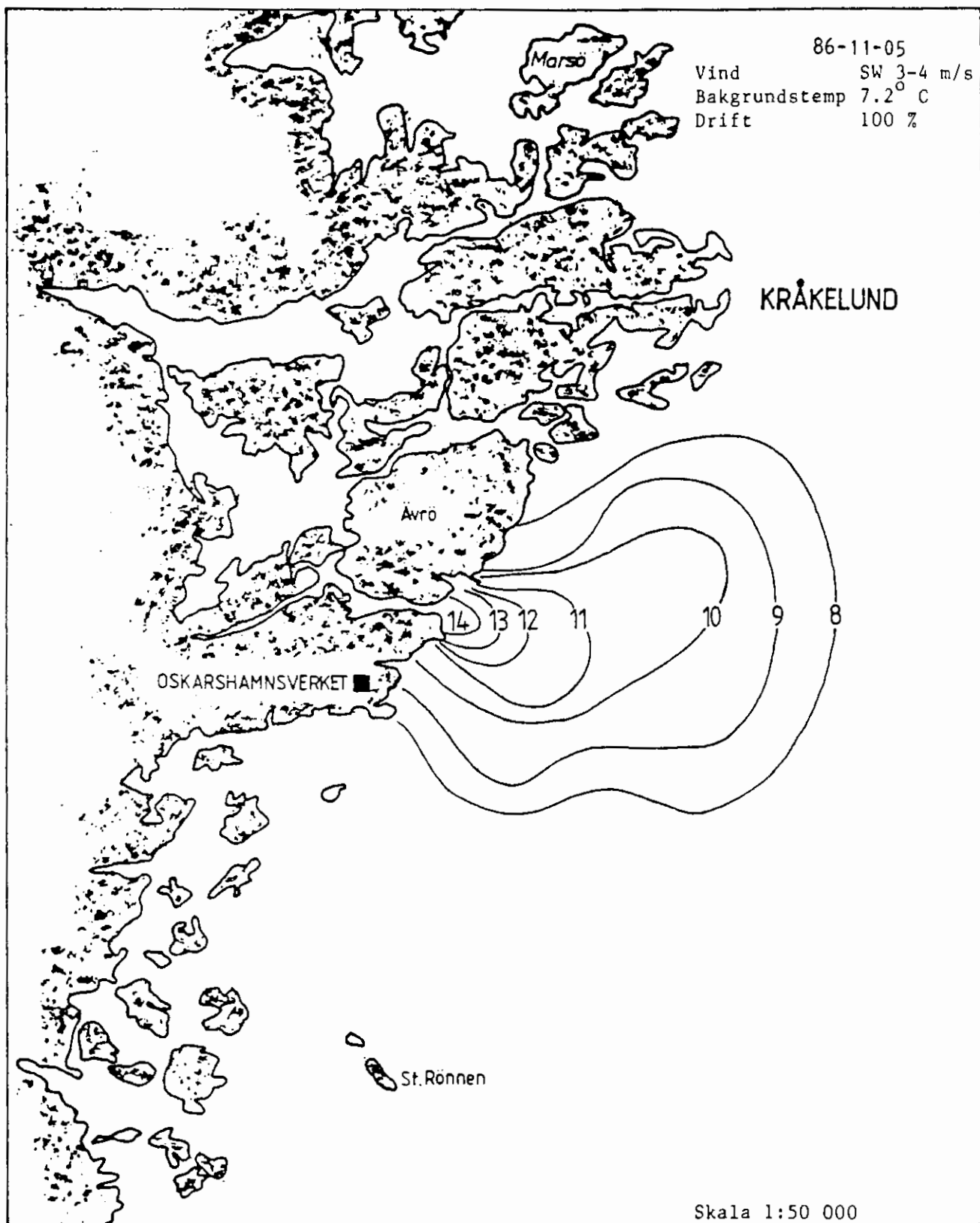




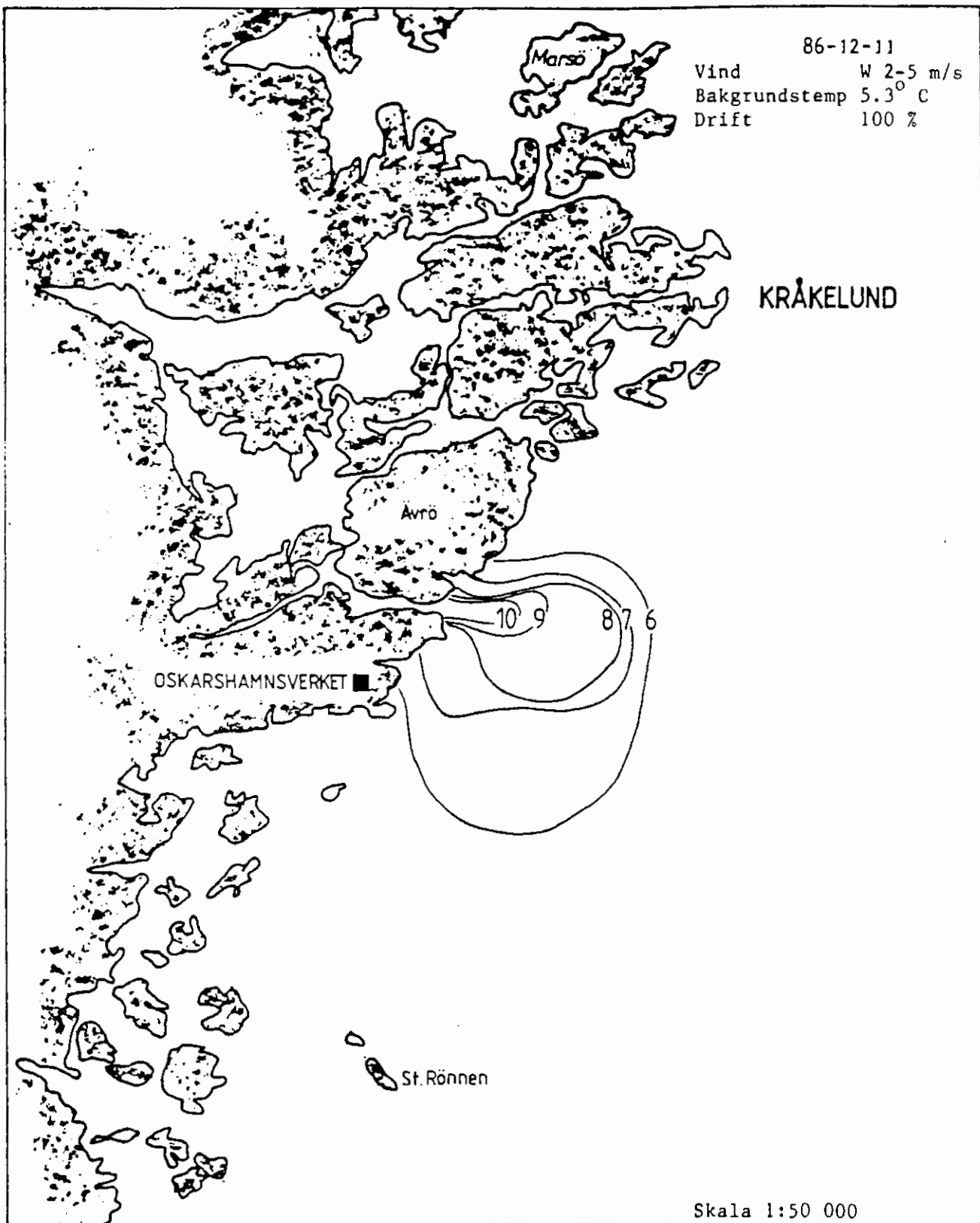




UTGÅENDE PLYMER







87-04-14

Vind SO 2 m/s
Bakgrundstemp 1.5 °C
Drift 90 %

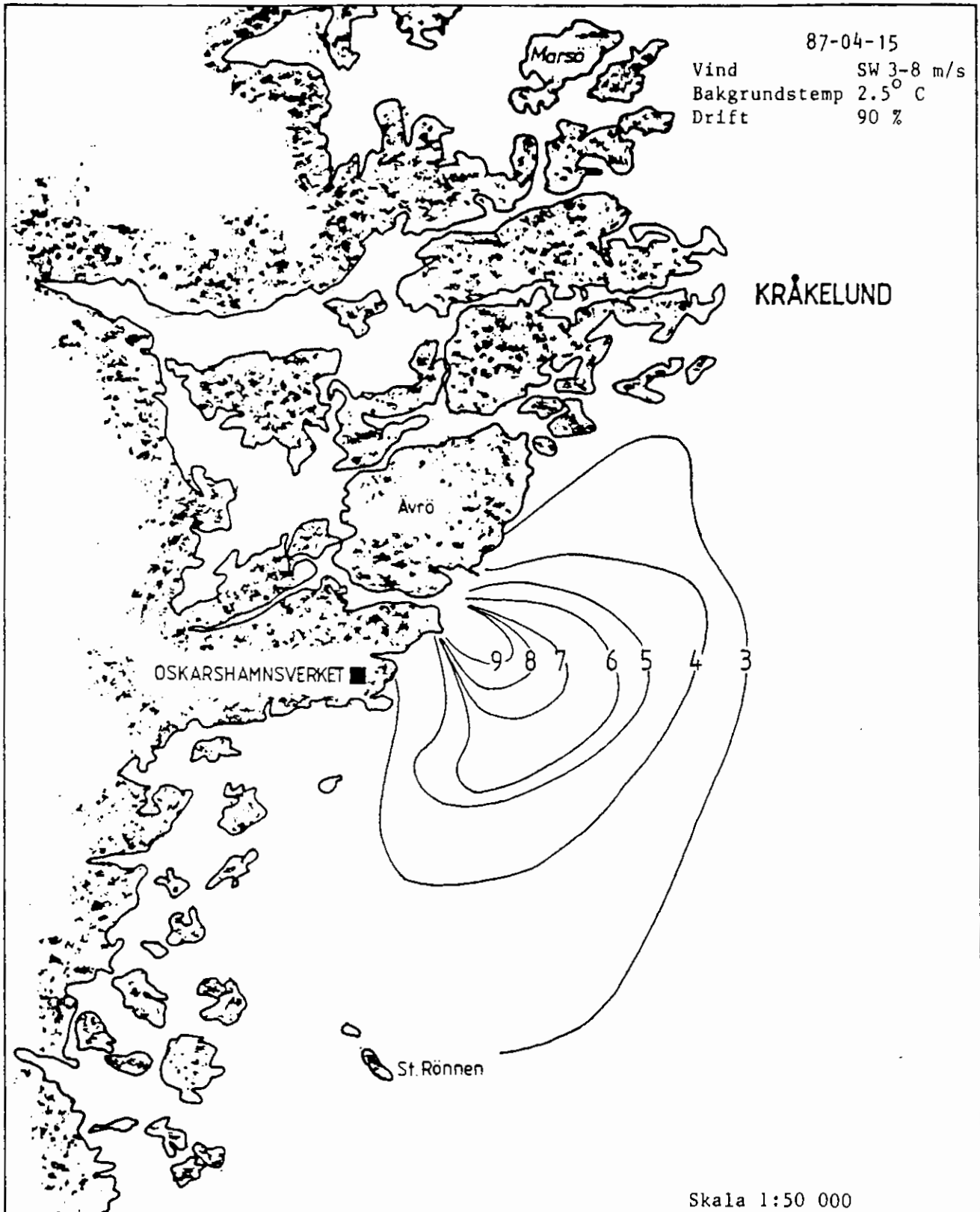
KRÅKELUND

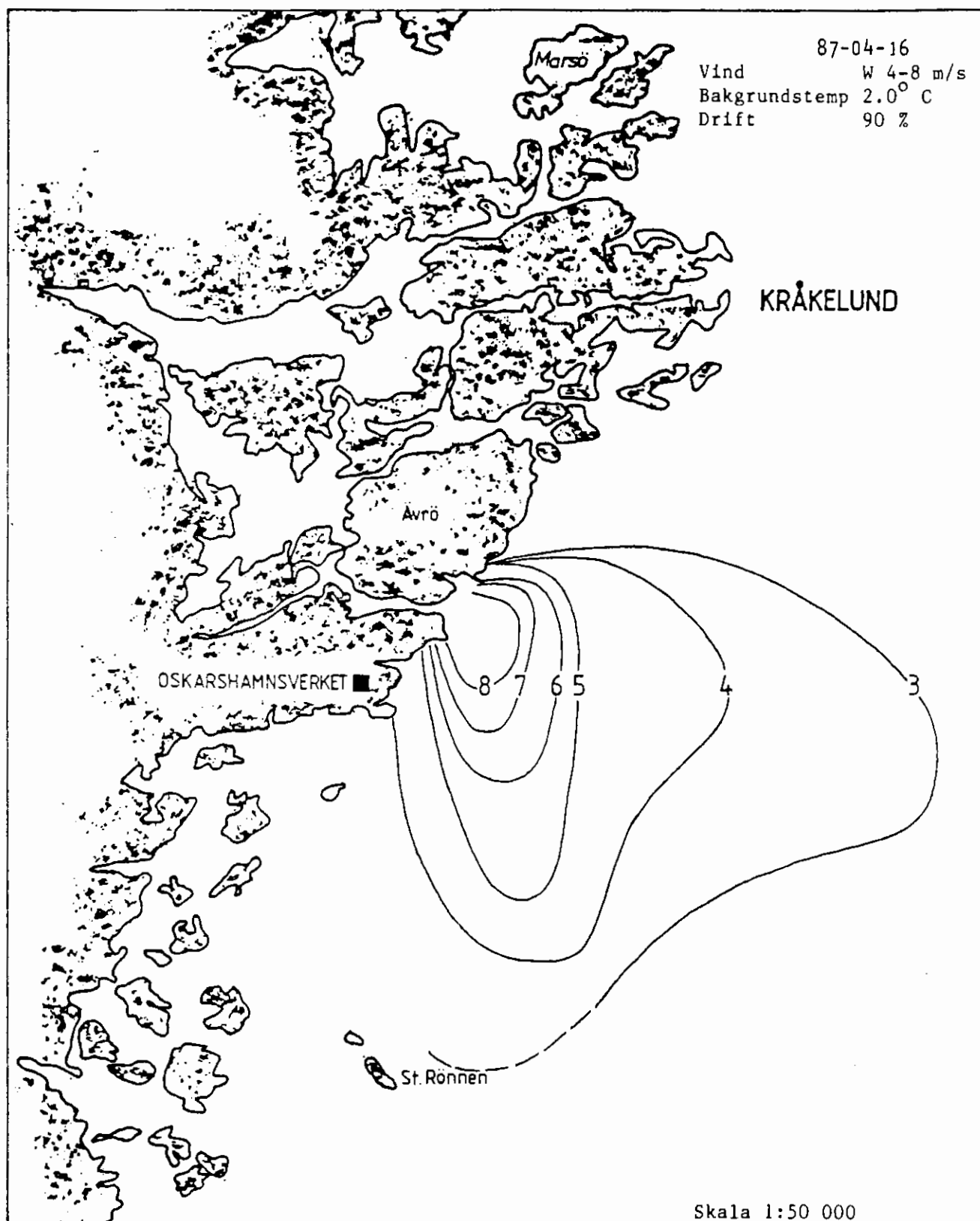
Ävrö

OSKARSHAMNSVERKET

St. Rönne

Skala 1:50 000





87-04-23

Vind V-SO 3-4 m/s
Bakgrundstemp 3.5° C
Drift 90 %

KRÅKELUND

Avrö

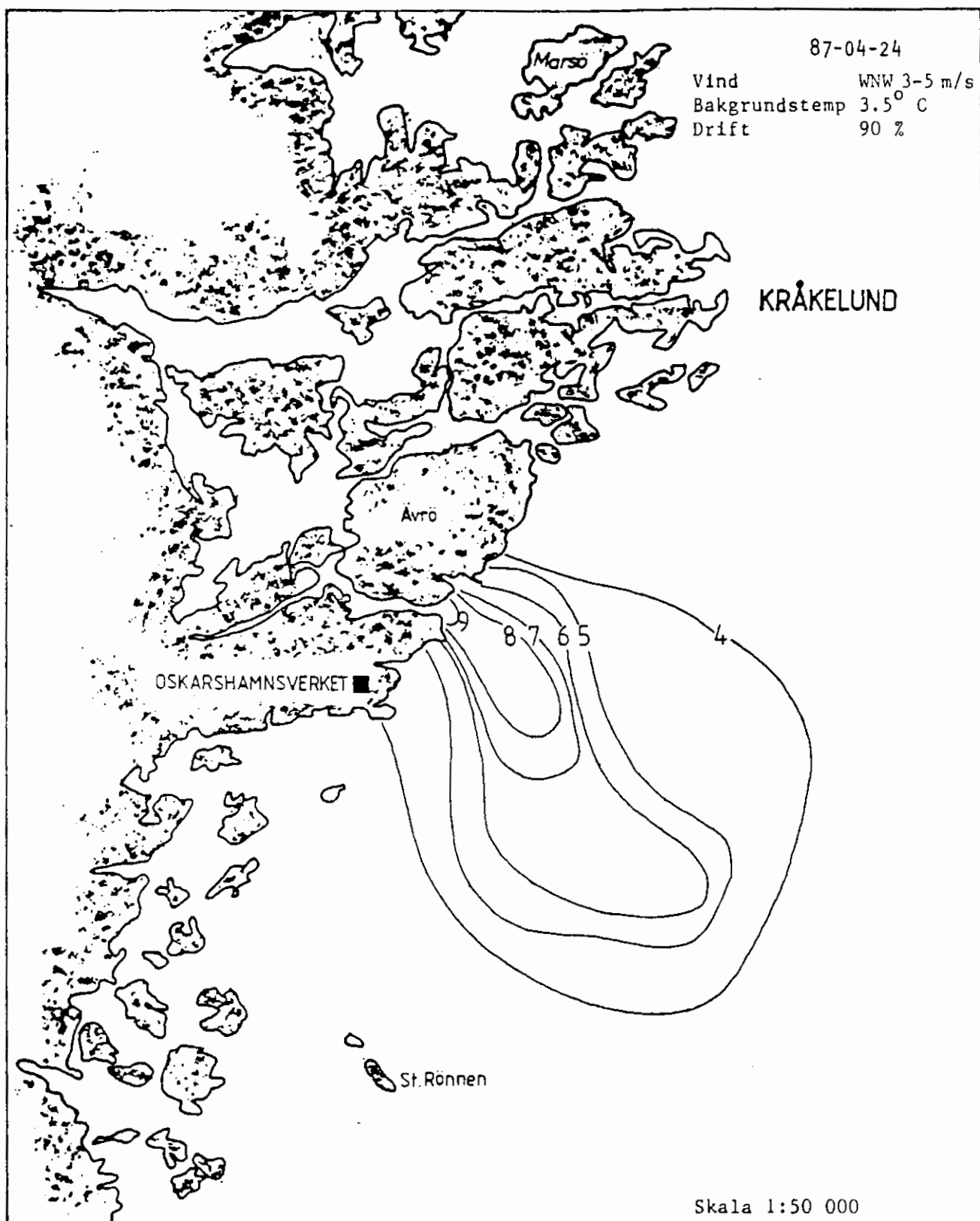
OSKARSHAMNSVERKET

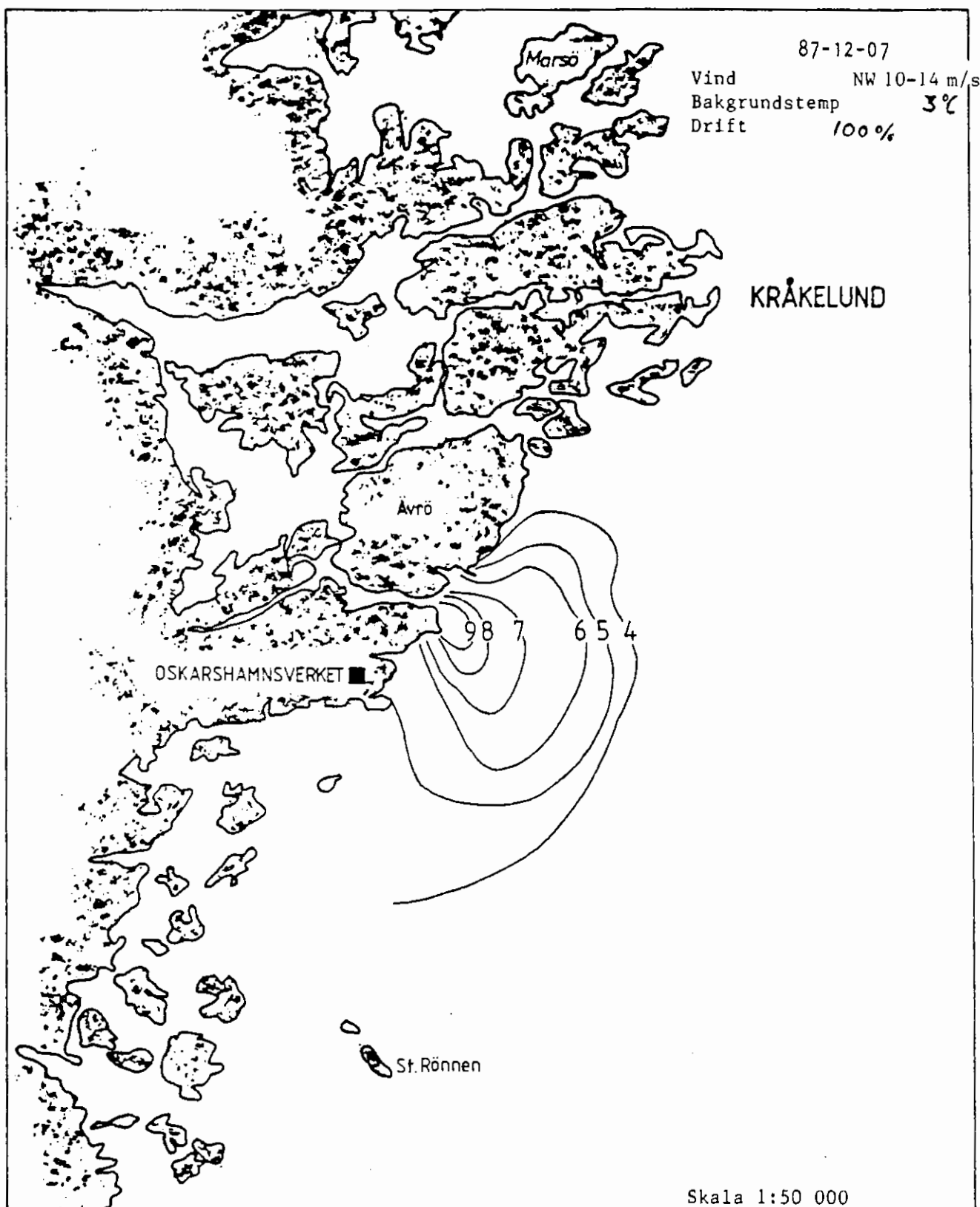
11 10 9

8 7 6 5 4

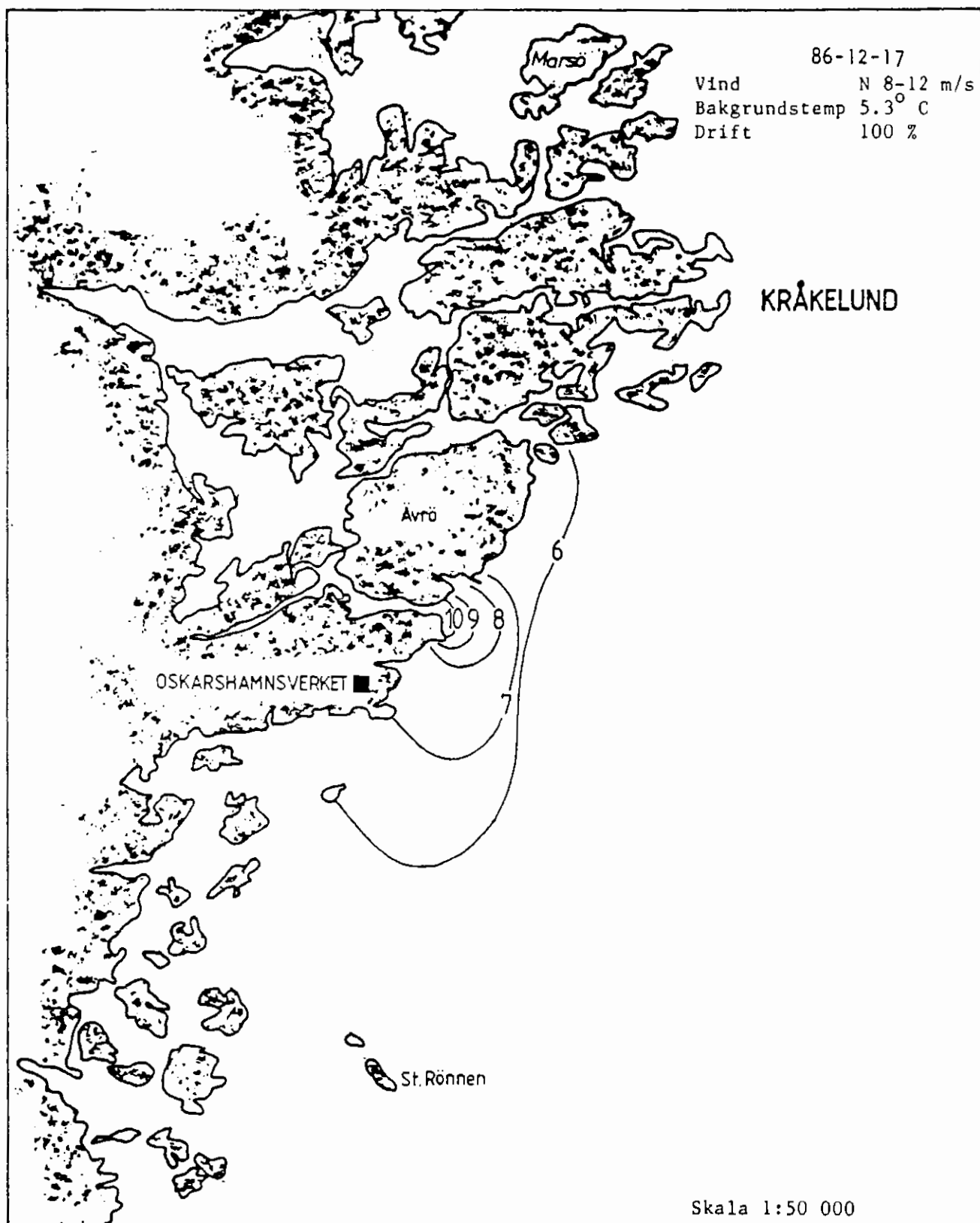
St. Rönne

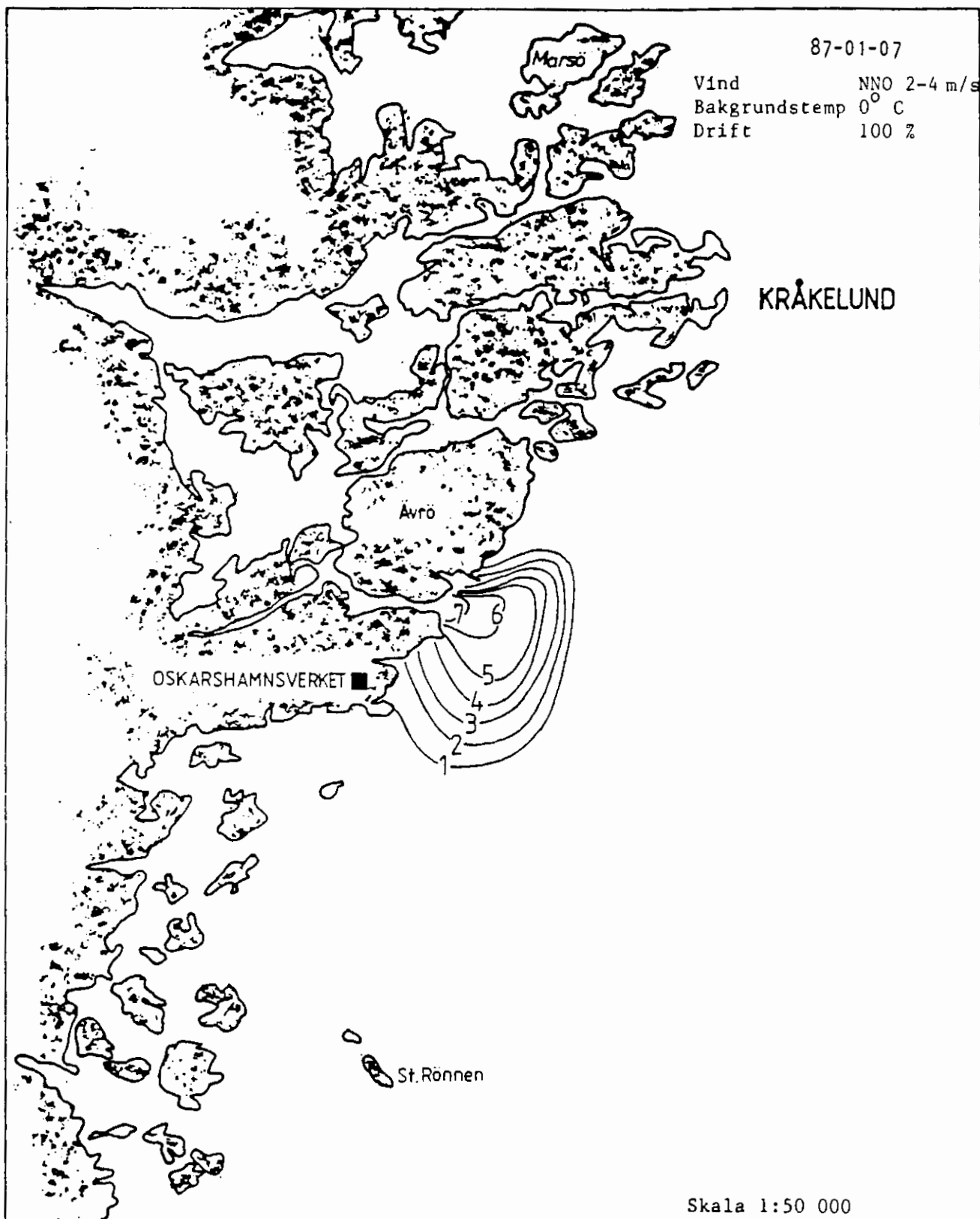
Skala 1:50 000





SYDGÅENDE PLYMER

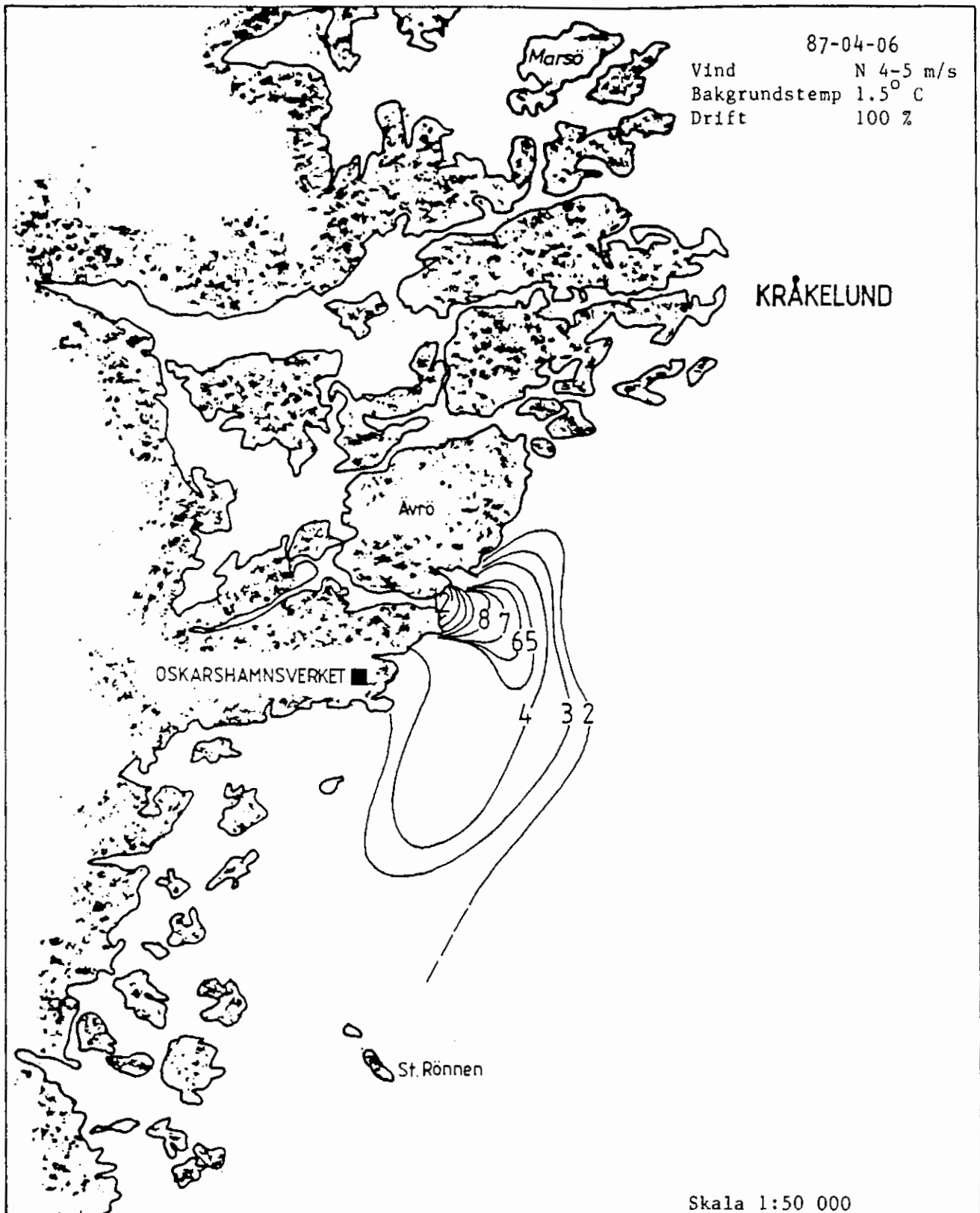


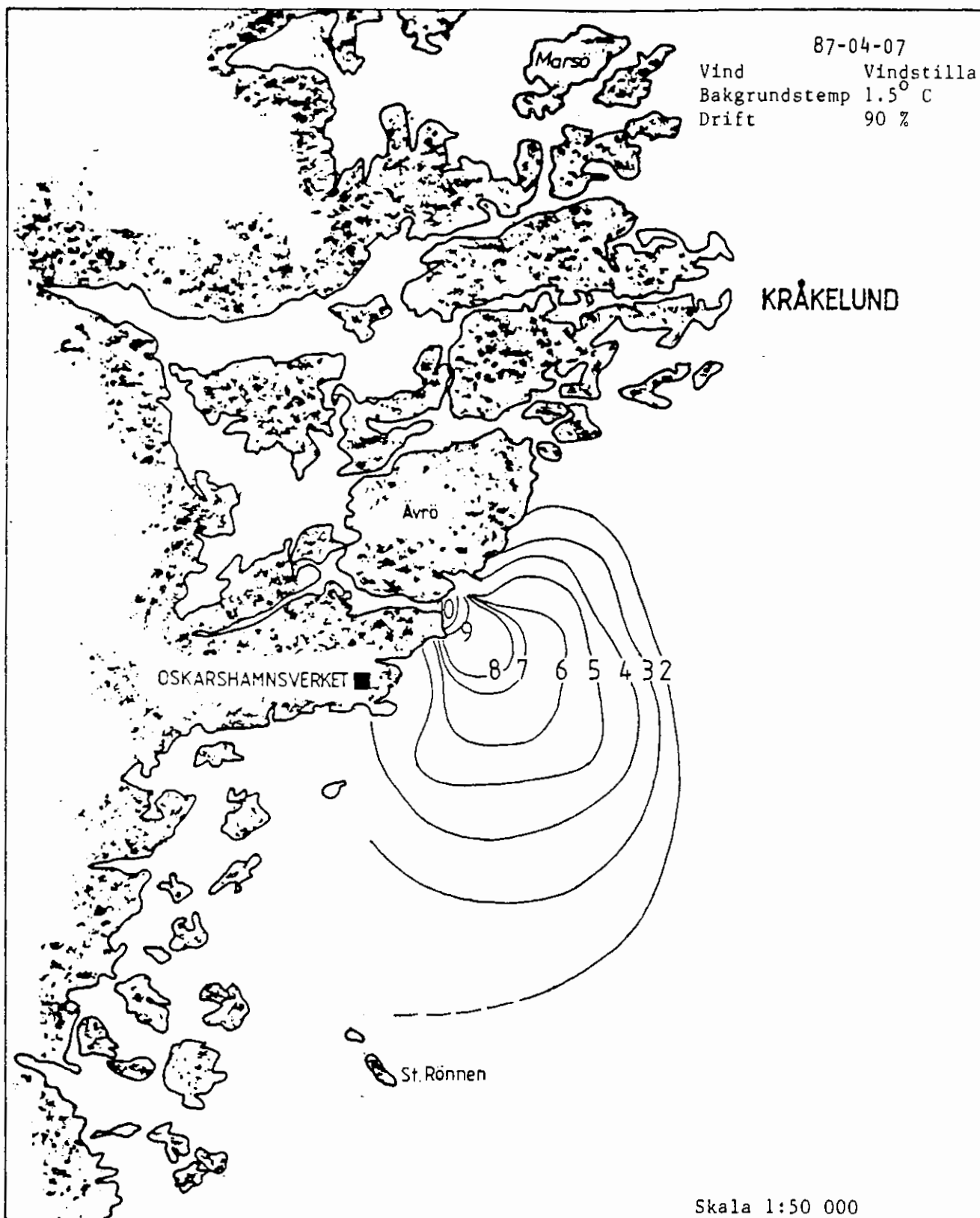


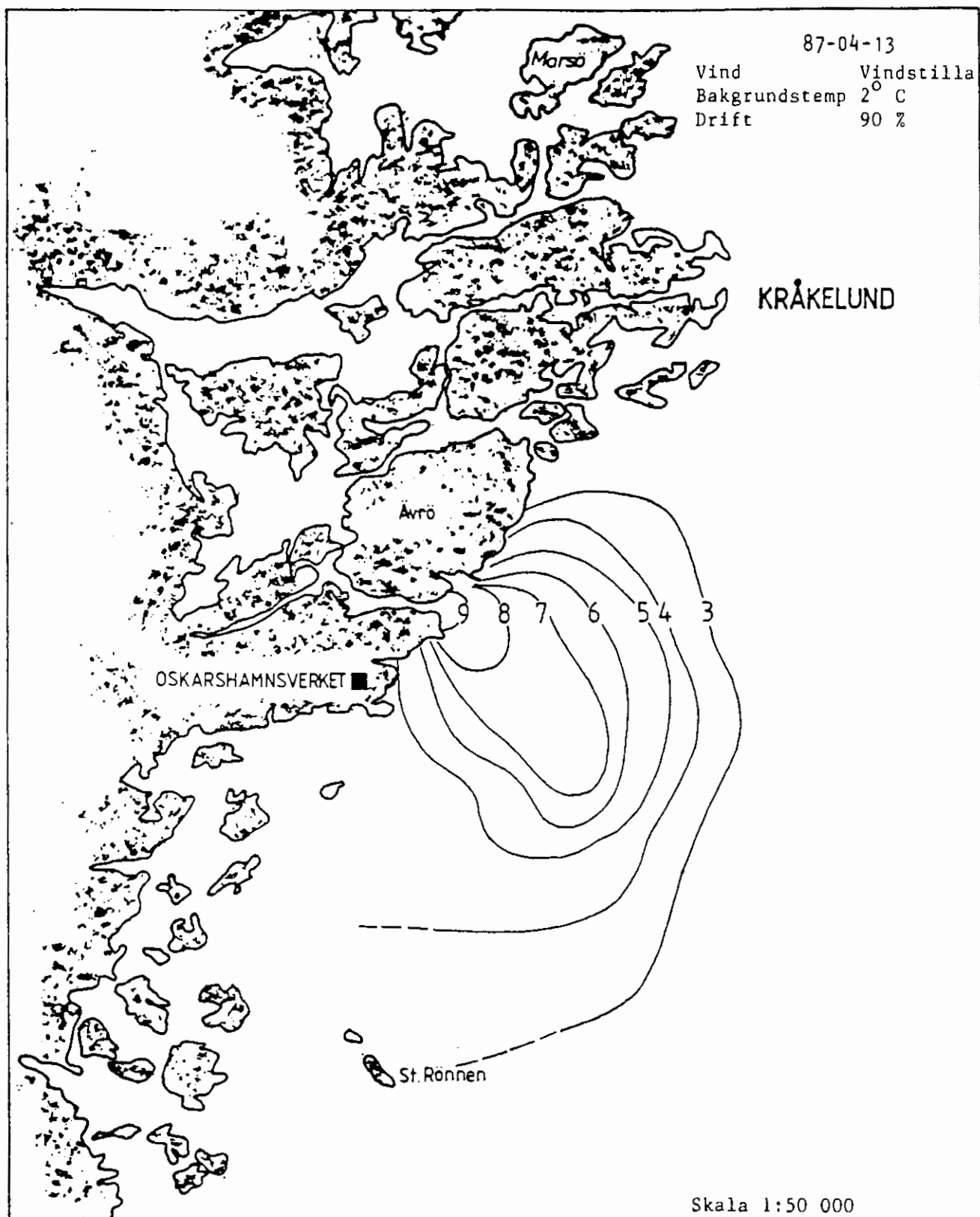
87-04-06

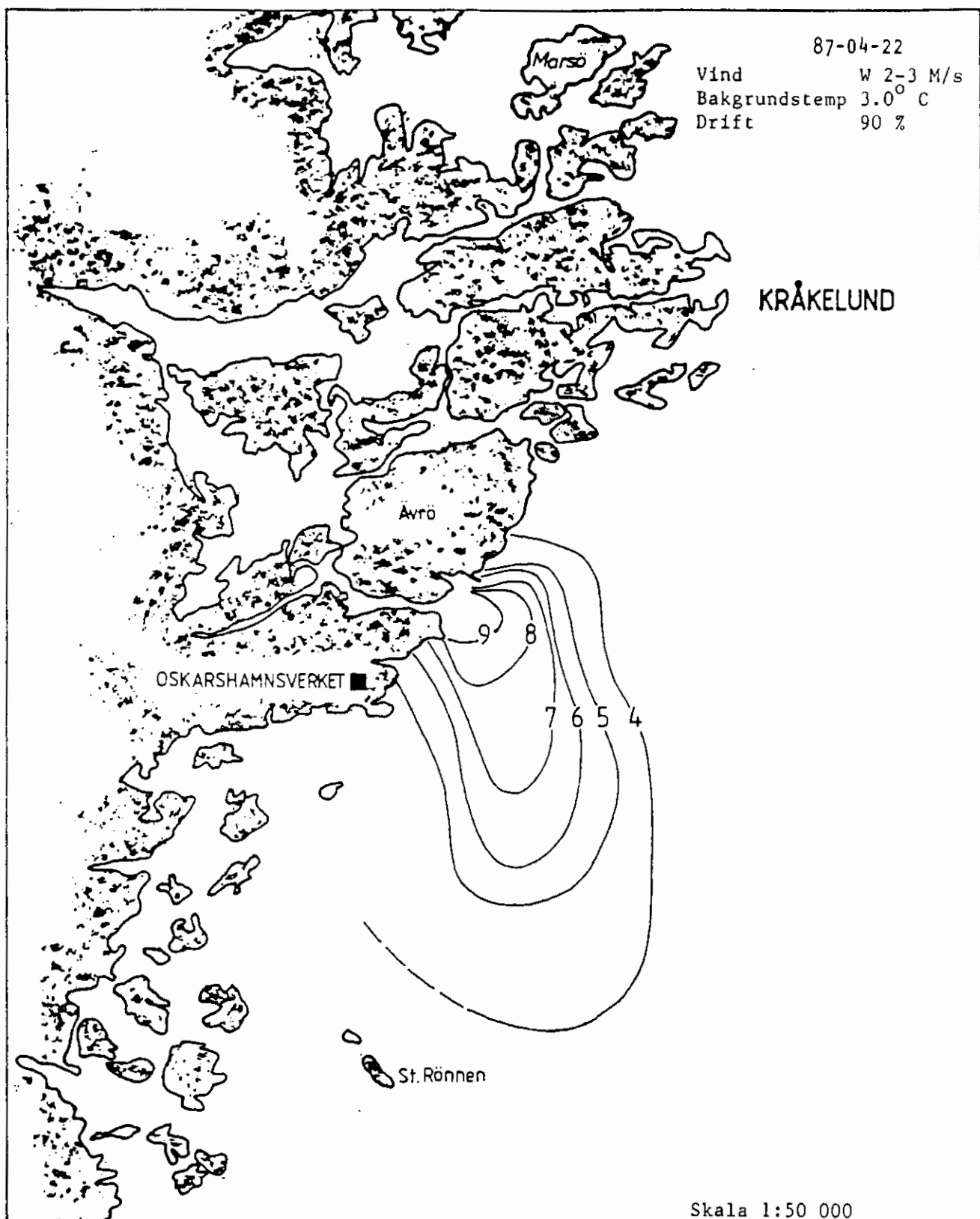
Vind N 4-5 m/s
Bakgrundstemp 1.5° C
Drift 100 %

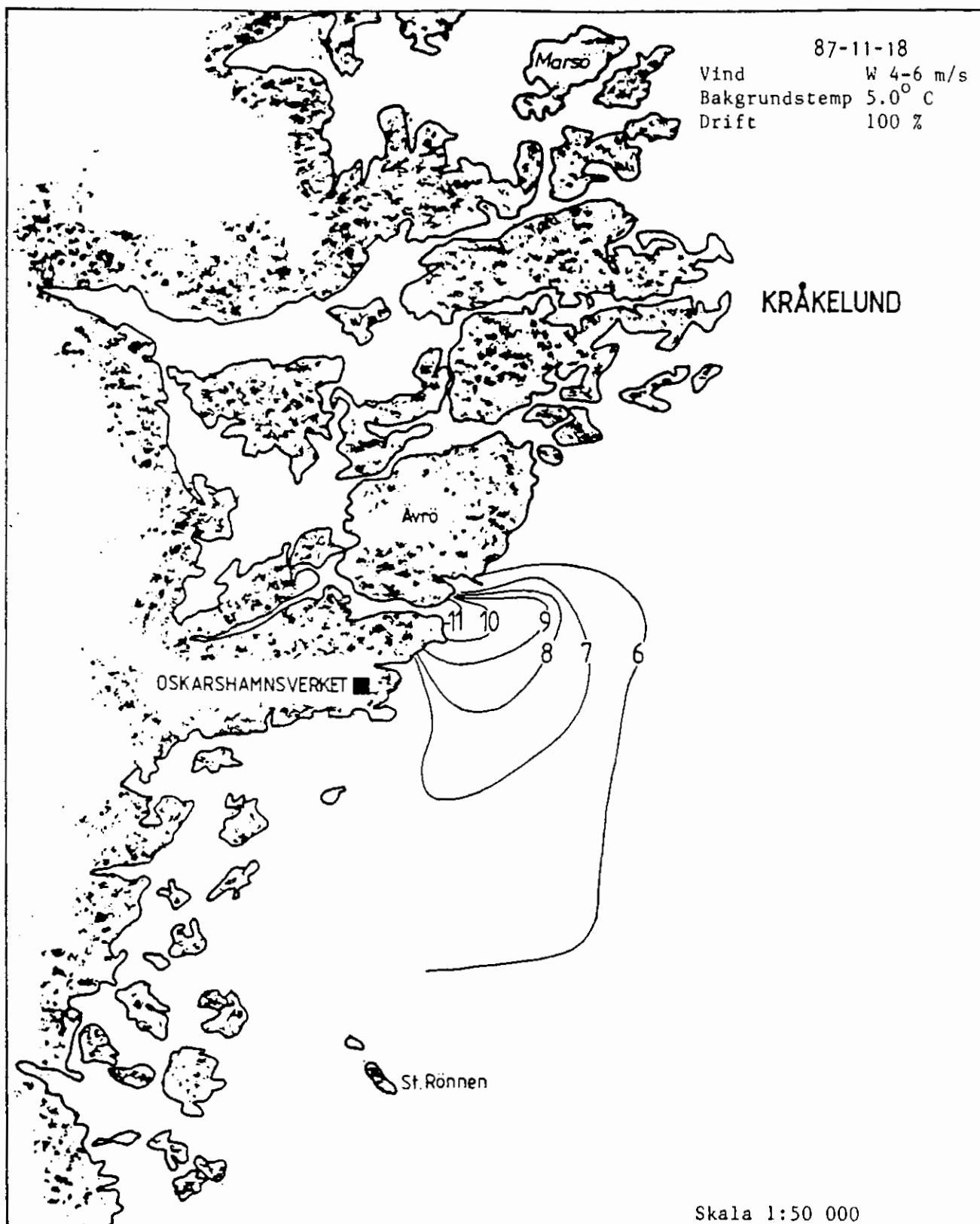
KRÅKELUND

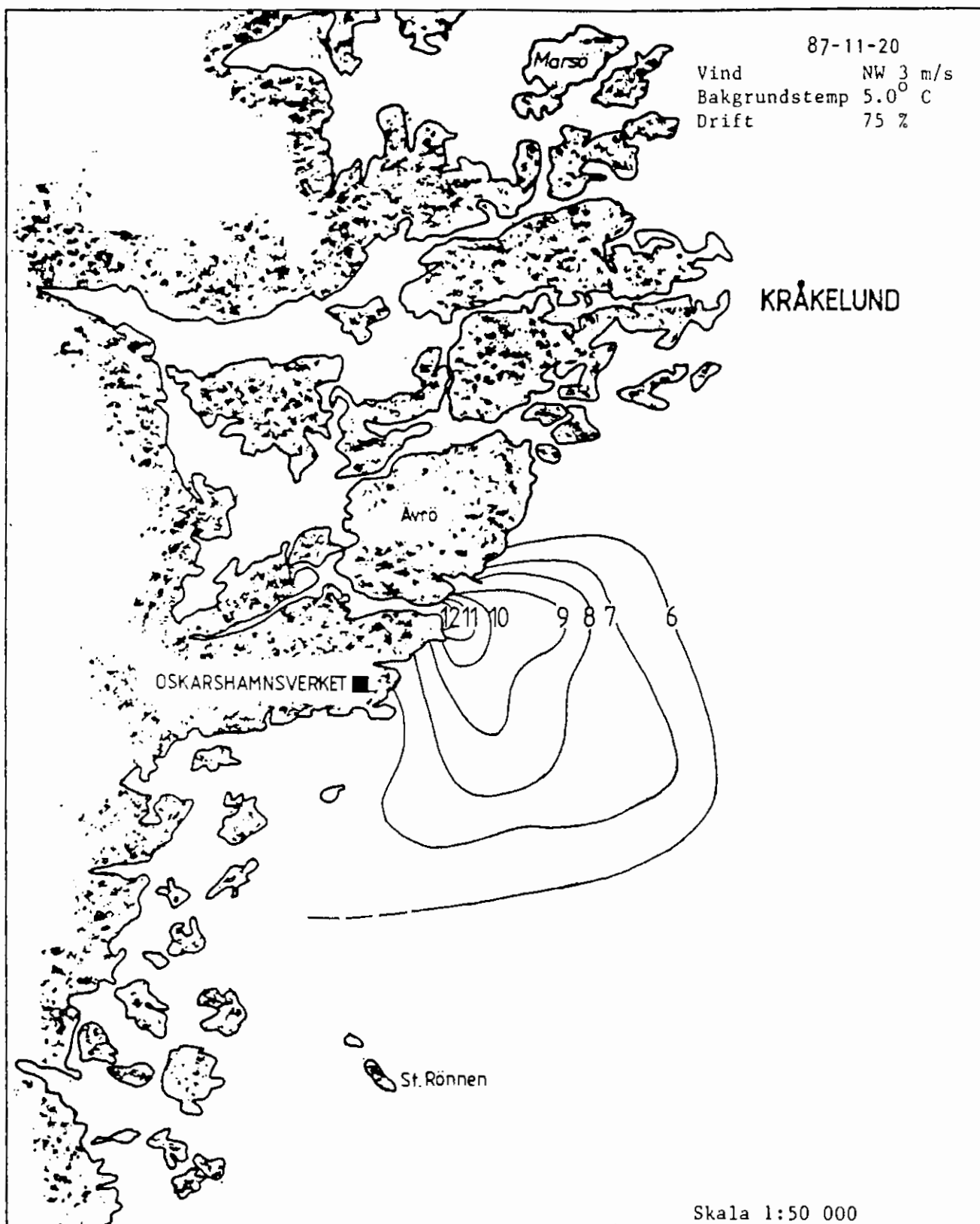


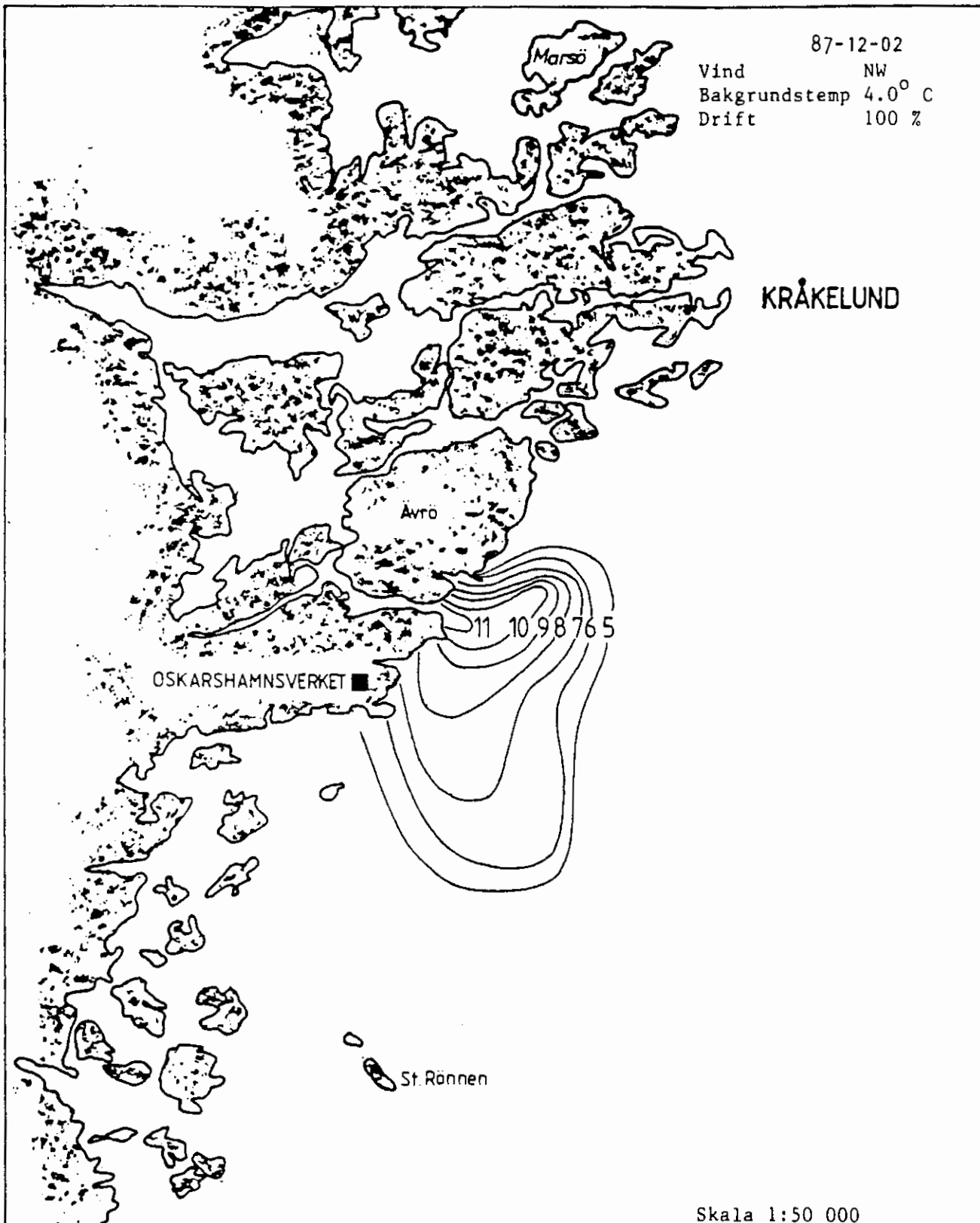


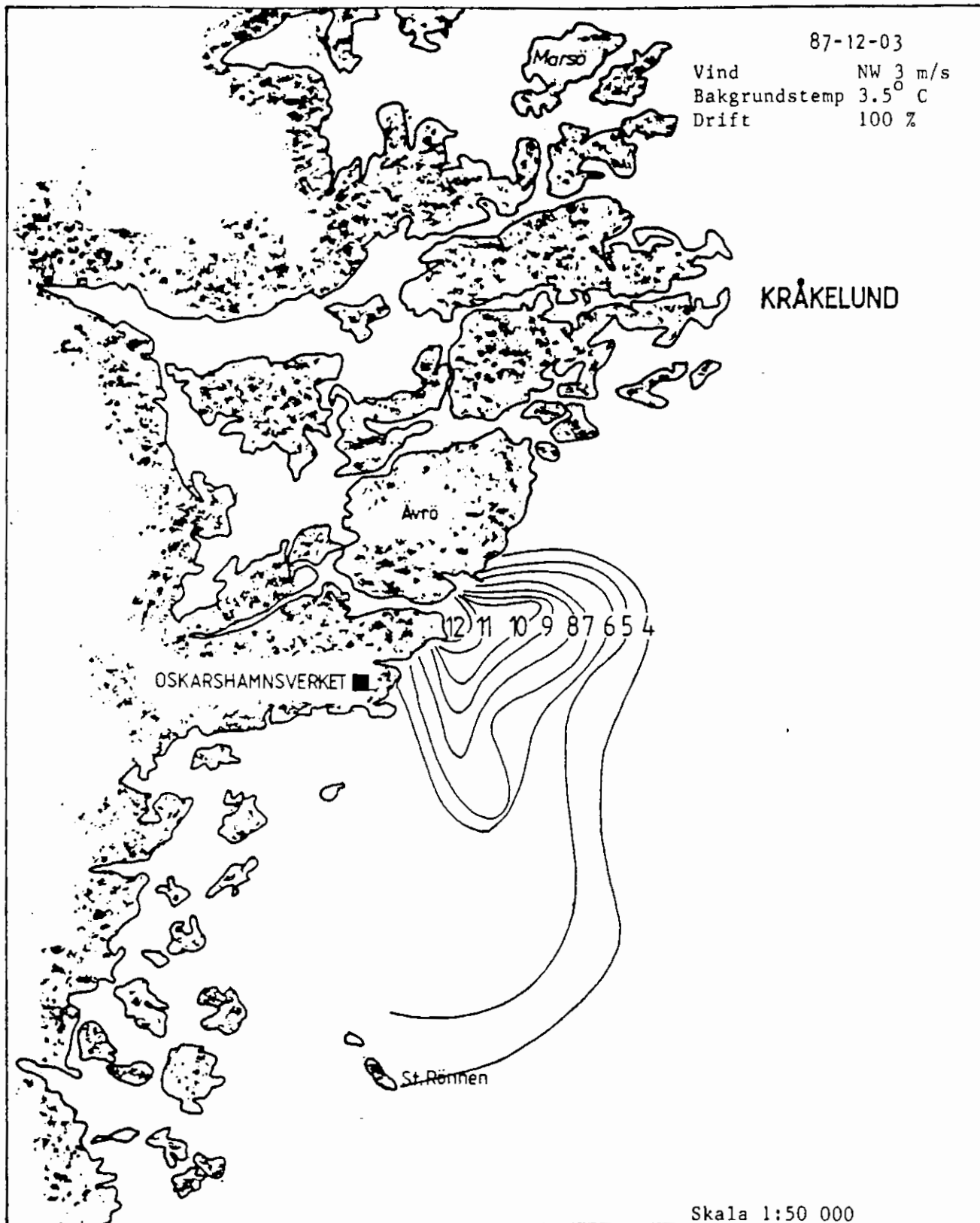








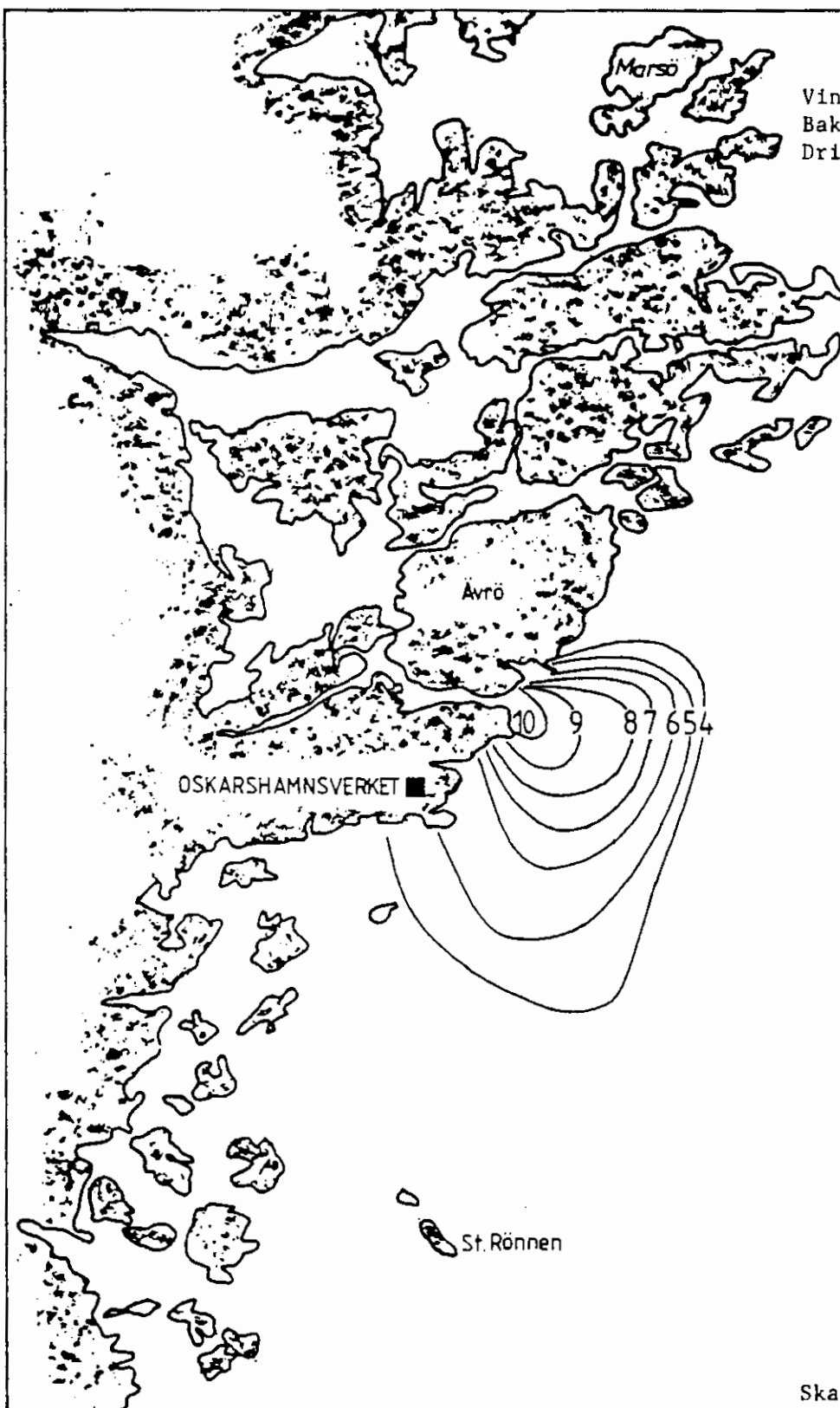




88-01-08

Vind NW 5 m/s
Bakgrundstemp 3.0° C
Drift 100 %

KRÅKELUND



Skala 1:50 000