

NILU
Oppdragsrapport nr 17/71
Referanse: IO 000970 U
Dato: Januar 1971

MÅLINGER AV LUFTFORURENSNINGENE PÅ
SLAGENTANGEN

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
2007 KJELLER

INNHALDSFORTEGNELSE:

- Nordø, Jack: En diskusjon basert på tilleggsmålingene ved Slagentangen
- Krog, Hildur: Undersøkelse av lavprøver fra Slagentangen
- Brandt, Nils: Rapport etter rekognoseringstur til Slagentangen den 17 november 1970

(Jfr NILU rapport nr 14/70)

EN DISKUSJON BASERT PÅ TILLEGGSMÅLINGENE VED SLAGENTANGEN AV
FORSKER JACK NORDØ

INNLEDNING

I perioden 11 til 30 november 1970 ble det foretatt tilleggs-
målinger på Slagentangen for å supplere de beregninger som ble
foretatt på grunnlag av data levert av Meteorologisk Institutt.
For å få inn flest mulig informasjoner om avgassenes spredning
i atmosfæren over Slagentangen, ble det plassert Imco-metre
på følgende steder (se figur 1):

1. Hytten, ca 1 km nordvest for raffineriet.
2. Karlsvik, ca 2 km sør for raffineriet.
3. Teigen, ca 2 km sør-sørvest for raffineriet.

Nok to Imco-metre ble plassert på Innlaget og Skallevold, men
de gav ikke tilfredsstillende målinger. Imco-metret er
automatisk og gir halvtimesverdier, men forutsetter jevne
temperaturforhold (termostatoppvarmet rom). Dette er antagelig
grunnen til at to instrumenter ikke funksjonerte perfekt.

Esso-raffineriet har velvilligst sendt data for timevise utslipp,
så vel som døgnmidler for SO₂-konsentrasjonene på Hytten, Innlaget
(mot SW), og Skallevold (mot SSW). Meteorologisk Institutt har
utlånt registreringene for bygevindmåleren på Slagentangen.

I tillegg til de ovennevnte målinger har dr H Krog samlet inn
lavprøver som er analysert på svovel. Dette skulle gi en kontroll
på langtidsvirkningene. Dr N Brandt inspiserte bartrærne hvorfra
lavprøvene ble samlet.

SO₂ KONSENTRASJONER VED ØSTLIG VIND

Om morgenen den 21 november 1970 var de storstilte værforholdene
ugunstige for spredning av luftforurensninger. Sonderinger fra
Gøteborg og Gardermoen klokka 12 GMT viste et 800 meter tykt sjikt
over bakken hvor den vertikale spredningen var god (fuktig-
adiabatisk sjiktning). Over dette sjiktet lå et isotermt sperre-

sjikt. Bygevindmåleren på Slagentangen viste vind fra øst fra ca 0630 til noe over klokka 10, figur 2. Vindstyrken var i underkant av 5 m/sek. Data fra de øvrige meteorologiske stasjoner i ytre Oslofjord viste lignende værforhold. Korrigerte data for SO₂ er gitt i tabell 1.

Tabell 1: SO₂ (µg/m³) målt v.h.a. Imco-meter 21.11.70

STASJON		Karlsvik	Teigen	Hytten	Hytten-Teigen
TID					
21.11	k1 0630	00	10	10	00
	0700	00	10	10	00
	0730	00	20	10	-10
	0800	10	30	40	10
	0830	30	50	50	00
	0900	40	20	50	30
	0930	20	10	20	10
	1000	20	20	20	00
	1030	20	00	10	10
	1100	20	10	10	00
	1130	20	20	20	00
	1200	00	10	20	10

De største konsentrasjonene er målt omkring klokka 0830, og da på samtlige stasjoner. Med de rådende vindforhold er det god grunn til å anta at utslippene ligger på østsiden av Oslofjorden, dvs i Sarpsborg-Fredrikstad-området. Med et samlet utslipp på fra 3 til 5 tonn SO₂ pr time i dette området (sannsynlige tall) vil en under lignende værforhold kunne få beregnede konsentrasjoner på omkring 50 mikrogram/m³ i østlige deler av Vestfold om en nytter de vanlige spredningsberegninger. Ved å danne differansen Hytten minus Teigen får vi en indikasjon på Esso-raffineriets tillegg til forurensningen ved vind fra øst. Den er lav i den gitte vær-situasjon.

SO₂ KONSENTRASJONER VED SØRØSTLIG VIND

Ved vind fra SE ligger stasjonen Hytten nær røykaksen for utslippet fra Esso-raffineriet. Det er ingen våningshus mellom kilden og luftinntaket for Imco-meter. Luftinntaket er plassert i 2. etasje på et ubebodd hus, og er eksponert mot raffineriet. Ved sterk vind vil røyken "slå ned" mot Hytten med jevne mellomrom. De største halvtimes verdiene for SO₂ ble målt fra 17 november til 18 november. Vindstyrken var da fra 7 m/sek til 10 m/sek, og vindretningen var litt nord for SE, se figur 3.

Tabell 2: SO₂ (µg/m³) målt v.h.a. Imco-meter 17.11.70

STASJON		Karlsvik	Teigen	Hytten	Hytten - Teigen
TID					
17.11	kl 1500	00	10	60	50
	1530	00	10	60	50
	1600	00	10	50	40
	1630	00	10	40	30
	1700	00	10	30	20
	1730	00	20	40	20
	1800	00	20	20	00
	1830	00	20	20	00
	1900	00	20	20	00
	1930	00	20	20	00
	2000	00	20	10	-10
	2030	00	20	30	10
	2100	00	20	30	10
	2130	00	20	60	40
	2200	00	20	50	30
	2230	00	20	50	30
	2300	00	20	60	40
2330	00	20	70	50	
18.11	kl 0000	10	30	60	30
	0030	20	30	70	40
	0100	20	30	70	30
	0130	20	30	60	30
	0200	20	30	30	00

Omkring klokka 1500 og klokka 2400 er differansen Hytten - Teigen oppe i 50 mikrogram/m³, og dette er de maksimale verdier en observert for sør-østlige vinder. Ved midnatt 17. til 18. øker konsentrasjonene på Karlsvik og Teigen, og grunnen til dette er sannsynligvis transport av luftforurensninger fra fjerntliggende

kilder. Forholdene for langveistransport av SO_2 ligger vel tilrette idet den vertikale sonderingen for Gøteborg den 18 november 00 GMT viser inversjon (dvs sperresjikt) over 800 m.o.h. Blandingsforholdene er gode i de nederste 800 metrene idet sjiktningen er fuktigadiabatisk.

SO_2 KONSENTRASJONER VED NORDLIG VIND

Natten mellom den 25 og 26 november er vinden nordlig, se figur 4. Vindstyrken på Slagentangen er mellom 5 m/sek og 7 m/sek. Den vertikale temperaturfordeling viser statistisk stabilitet både på Gardermoen og i Gøteborg. Tabell 3 gir de observerte halvtimes verdier for SO_2 .

Tabell 3: SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) målt v.h.a. Imco-meter 26.11.70

STASJON		Karlsvik	Teigen	Hytten	Teigen-Hytten
26.11	k1 0000	70 (?)	20	20	00
	0030	50 (?)	10	20	-10
	0100	10	00	10	-10
	0130	10	10	00	10
	0200	00	10	00	10
	0230	00	00	00	00
	0300	00	00	00	00
	0330	00	10	00	10
	0400	20	00	00	00
	0430	20	10	00	10
	0500	10	10	00	10
	0530	10	20	00	20
	0600	00	20	00	20

Det er mulig at de høye verdiene på Karlsvik ved midnatt skyldes røyknedslag fra skorsteinene på våningshuset (inntak for Imco-meter i 2. etasje på lesiden). Godtas disse verdier, og tar en differansen Karlsvik-Hytten, blir det maksimale målte halvtimesbidrag fra Esso-raffineriet på 50 mikrogram/ m^3 . Differansen Teigen-Hytten er maksimalt på 20 mikrogram/ m^3 ; dvs forholdsvis liten.

Den 14 november er det om formiddagen svak nordlig vind, figur 5, med vindstyrker fra 2 m/sek til 5 m/sek. Bortsett fra et 200 meter til 500 meter tykt sjikt nærmest jordoverflaten med gode blandingsforhold, er det stabile forhold.

Dessverre var skriveren på Hytten ute av funksjon, slik at det ikke er mulig å korrigere for bakgrunnsverdiene for SO₂.

Imco-metrene gir halvtimesmidler, og i løpet av en halv time vil vinden dreie endel frem og tilbake omkring N. Det er derfor ikke mulig å vurdere bakgrunnen som tallverdien av differansen av de to stasjoner Teigen og Karlsvik.

Tabell 4: SO₂ (µg/m³) målt v.h.a. Imco-meter 14.11.70

STASJON		Karlsvik	Teigen	Bemerkninger
TID				
14.11	kl 0900	20	30	} Nordlig vind
	0930	30	40	
	1000	30	50	
	1030	50	60	
	1100	90	60	
	1130	90	50	
	1200	50	50	
	1230	20	50	
	1300	10	40	} Sørlig vind
	1330	00	30	
	1400	00	20	
	1430	00	20	

Omkring klokka 1300 skiftet vindretningen på Slagentangen fra N til S, med ikke målbar vind mellom klokka 1200 og klokka 1300. Konsentrasjonene på Karlsvik falt før dette tidspunkt, mens Teigen fortsatt hadde betydelige konsentrasjoner etter klokka 1300. Konsentrasjonene på Karlsvik klokka 1100 og klokka 1130 er de høyeste utslag som ble målt. Teigen målte verdier mellom 50 og 60 µg/m³ i tiden fra klokka 1000 til klokka 1230. Tas hensyn til plassering av luftinntaket på Karlsvik og til bakgrunnsforurensningen, er det rimelig å anta at de maksimale bidrag fra Esso-raffineriet neppe oversteg 50 til 60 µg/m³.

SO₂ KONSENTRASJONER VED SØRLIG VIND

De største verdiene for SO₂ konsentrasjonene ved sørlig vind ble målt den 24 november. Vinden stod rett fra sør, se figur 6, og styrken varierte fra 7 til 10 m/sek. Oppstigninger i Gøteborg viste et ca 400 meter tykt sjikt med gode blandingsforhold, og over dette lå et bastant sperresjikt. Nærmeste større kilde mot sør antas å være Vallø-området.

Tabell 5: SO₂ (µg/m³) målt v.h.a. Imco-meter 24.11.70

STASJON		Karlsvik	Teigen	Hytten
TID				
24.11	kl 0600	00	00	10
	0630	00	00	10
	0700	00	10	10
	0730	00	10	10
	0800	00	20	20
	0830	00	20	30
	0900	00	10	20
	0930	00	20	20
	1000	00	30	30
	1030	00	10	30
	1100	00	10	20
	1130	00	10	20
	1200	00	10	20

Det er bemerkelsesverdig at Karlsvik ikke har noe utslag. Var konsentrasjonene i hovedsaken utslag av fjernttransport, burde stasjonene ha reagert noenlunde likt. Det er derfor mulig at kildene ligger i Vallø-området.

SAMMENFATNING AV RESULTATENE FOR TILLEGGSMÅLINGER AV SO₂ VED
HJELP AV IMCO-METER

De observerte konsentrasjonene er så lave at de ligger nær grensen for Imco-meterets nøyaktighet. I tillegg vil plasseringen av luftinntaket i bebodde hus (instrumentet må stå i et oppvarmet rom) kunne føre til en betydelig feil for visse vindretninger. De publiserte data (tabellene 1-5) gir de største utslag en observerte

for ulike vindretninger, og målingene sier at Esso-raffineriet med de oppgitte utslipp (under 235 kg SO₂/time) fører til halvtimes konsentrasjoner av SO₂ på minst 60 mikrogram/m³ på en avstand av 1-2 km fra kilden. Ifølge målinger (tabell 6) kan 10 minutters ekstremer bli 6-7% høyere. På større avstander blir konsentrasjonene sannsynligvis ennå lavere. De konsentrasjonene som er publisert i hovedrapporten er 10 minutters konsentrasjoner og representerer den verdien en statistisk finner midt i røykaksen under konstante vindforhold. Beregningen forutsetter homogen jordoverflate. Utslipp på en kyststripe er lite utredet.

Sammenlignes verdiene i hovedrapporten med de utførte tilleggs-målinger, tyder de empiriske data på at de beregnede ekstremverdier for Esso-raffineriet bør reduseres. Forøvrig burde beregningene utstrekkes til å gi korttids- og langtidsbelastninger basert på integrasjon over sektorvise volumelementer. Dette vil føre til lavere konsentrasjoner.

Døgnmidler målt i omegnen av Esso-raffineriet over et lengre tidsrom og NILU's tilleggsmålinger viser at regionale kilder (f eks området fra Fredrikstad til Sarpsborg) kan gi nesten like høye konsentrasjoner som Esso-raffineriet bare i en avstand av ca 2 km fra sistnevnte. Et måleprogram av regionale forurensninger samt innsamling av regionale utslipp burde derfor foretas i en bred sone langs begge sider av Oslofjorden.

I tillegg til de regionale bidrag fra visse områder av Norge kan det være betydelige forurensninger som føres hit fra europeiske industriområder. Dersom den planlagte OECD undersøkelsen av transport av forurensninger i europeisk målestokk finner sted, vil det være hensiktsmessig å kombinere den med regionale målinger for å få klarlagt forurensningskildenes relative betydning.

Tabell 6: Midlere og ekstreme konsentrasjoner og deres hyppighet.
 (Basert på tabell i JAPCA, januar 1969 for en lang rekke målinger i fine tidskritt).

Midlings- periode	Middel	Maks	Min	Sannsynlighet i % for at visse grenser overstiges									
				0.01	0.1	1	10	30	50	70	90		
5 min	0.07	1.78	0.00	1.03	0.71	0.39	0.14	0.07	0.05	0.03	0.02		
10 min	0.07	1.76	0.00	1.03	0.71	0.39	0.14	0.07	0.05	0.03	0.02		
30 min	0.07	1.65	0.00	1.00	0.70	0.39	0.14	0.07	0.05	0.03	0.02		
2 timer	0.07	1.29	0.00		0.66	0.37	0.13	0.07	0.05	0.03	0.02		
12 timer	0.07	0.59	0.00			0.29	0.13	0.07	0.05	0.04	0.03		
24 timer	0.07	0.38	0.01			0.22	0.12	0.07	0.06	0.04	0.03		
1 måned	0.07	0.13	0.04				0.10	0.07	0.06	0.05	0.04		
1 år	0.07	0.07	0.06						0.07	0.06	0.04		

Eksempel: $\frac{\text{maks (10 min)}}{\text{maks (30 min)}} = \frac{1.76}{1.65} = 1.066$

RAPPORT FRA DR PH HILDUR KROG

Den 17 november 1970 ble det foretatt en kort befaring på Slagentangen i den hensikt å se om de lokale luftforurensningene influerte på den naturlige lavvegetasjonen på stedet. Lav er spesielt sensitiv for forurensninger, særlig svoveldioksyd, og kan ikke leve i en sterkt forurenset atmosfære. Ved lavere grader av forurensning vil laven akkumulere svoveldioksyd langt utover sitt normale behov, og kjemisk analyse av en lav kan derfor si noe om graden av forurensninger på voksestedet.

Like i nærheten av oljeraffineriet ble det dels funnet trær uten antydning til lavvegetasjon, dels trær med en frodig vegetasjon av Hypogymnia physodes (kvistlav) som er en vanlig og relativ hardfør art. Den viste her tydelige ytre tegn på skader, blant annet store hvite flekker hvor algekomponenten var drept. Lenger unna raffineriet ble det funnet rikelig med lav, til dels med synlige skader, til dels tilsynelatende frisk.

I alt 12 prøver ble innsamlet for kjemisk analyse, med følgende resultat (se figur 1):

Ved raffineriets parkeringsplass	0,25% S, 0,28% S
30 meter fra meteorologhytte	0,30% S
60 meter fra meteorologhytte	0,18% S
40 meter NV for skolen	0,22% S
Hytten	0,26% S
Kaien	0,24% S
Innlaget	0,16% S
Teigen	0,22% S
Karlsvik	0,16% S
Skallevoll	0,24% S
2 km N for Hytten	0,17% S

På de mer perifere stasjonene var det ikke full korrelasjon mellom graden av synlige skader og innhold av svovel. Når det gjelder lavundersøkelsene, så er det akutte området for lite til at en kan peke på noen tydelig trend i en spesiell retning. Dertil er det for mange faktorer som spiller inn, som varierende meteorologiske forhold, terrengmessig beskyttelse, mer og mindre tett skog o l. Det man kan si på grunnlag av undersøkelsen er følgende:

Slagentangen ligger i et område med relativt høye bakgrunnsverdier for svovelforurensninger i atmosfæren. Den naturlige lavvegetasjonen på stedet har et ganske høyt innhold av svovel. Oljeraffineriet utpeker seg tydelig som en lokal forurensningskilde, men av forholdsvis liten størrelsesorden siden det finnes en frodig lavvegetasjon i raffineriets umiddelbare nærhet. De tydelige synlige skadene på laven henger sannsynligvis sammen med kortvarige eksponeringer til høye konsentrasjoner, på grunn av spesielle værforhold. Den åpne beliggenheten med god utluftning later til å hindre alvorligere skader på vegetasjonen under de nåværende forhold.

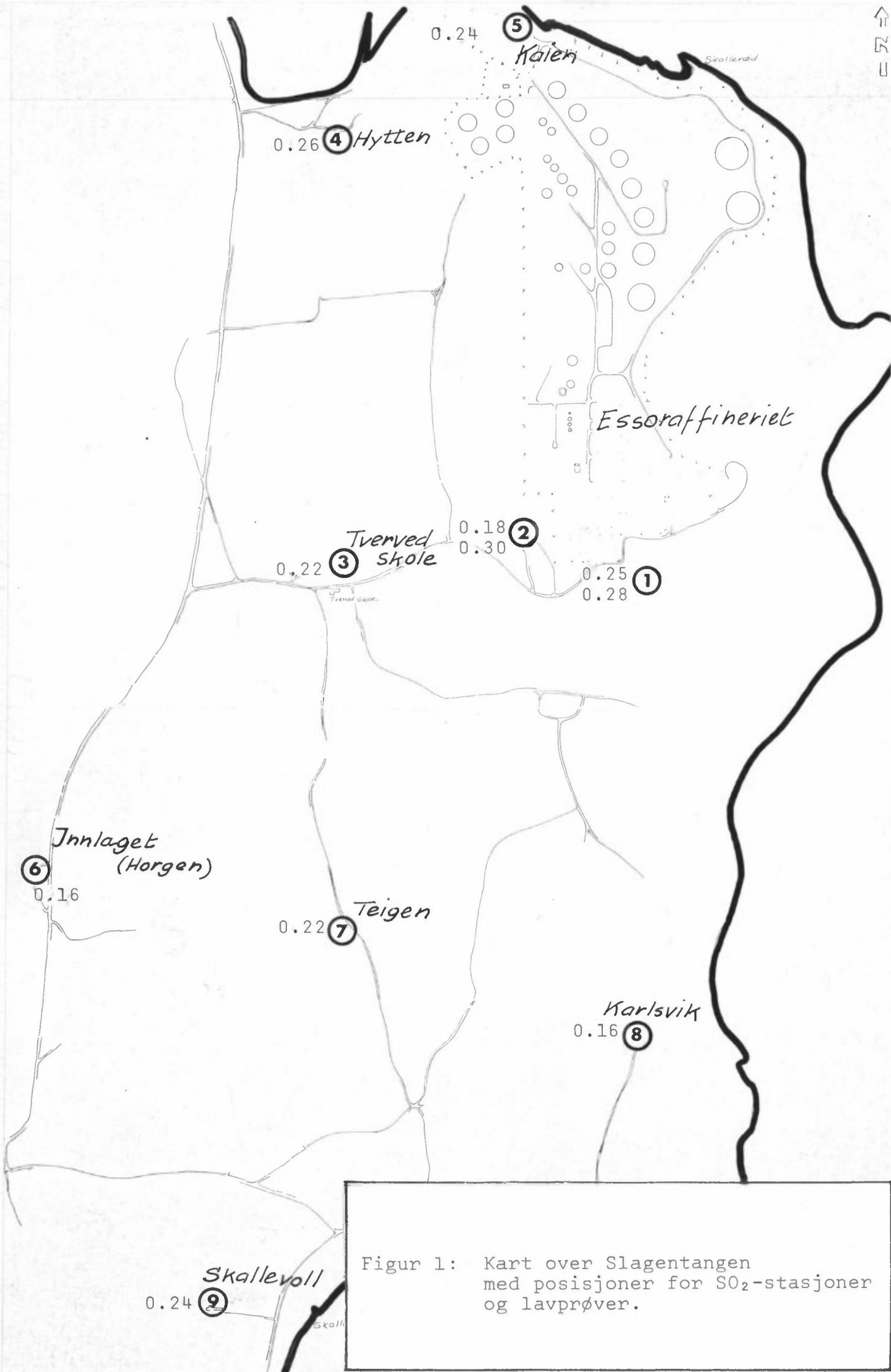
RAPPORT ETTER REKOGNOSERINGSTUR TIL SLAGENTANGEN DEN
17 NOVEMBER 1970 AV DR PH NILS BRANDT

Under en befaring på Slagentangen ble det gjort følgende observasjoner på barskogen (referansetallene korresponderer med tallene på medfølgende kart, figur 1):

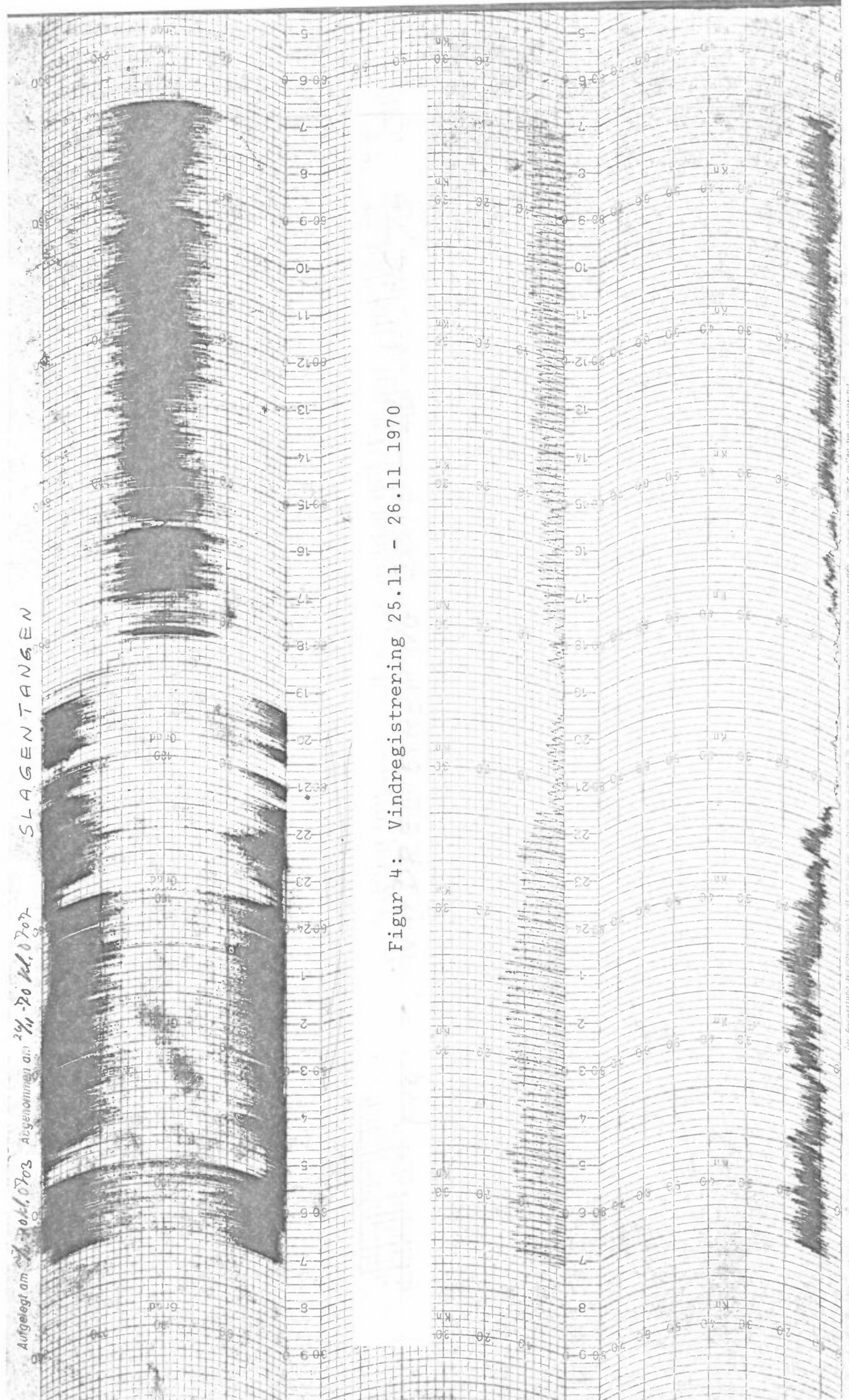
- I I skogkanten ved punkt 1 ga endel av grantoppene et noe glissent preg.
- II Ved punkt 2 ga toppene et noe glissent preg.
- III På kammen nordover fra punkt 3 var tendensen til glisne topper helt påfallende.
- IV Vest for hovedveien vest for punkt 4 så det også ut til at grantrærne var glisne i toppen. Dette ble imidlertid iaktatt på så lang avstand at et lite forbehold må tas.
- V Tydelige sviskader i spissene på furunåler ved punkt 5.
- VI Det er intet å bemerke hva angår skogen ved punktene 6 - 9 på kartet.

Sviskader i spissene på furunålene virker som akutte skader, dvs skader som er fremkommet ved forholdsvis høy, men kortvarig, forurensningskonsentrasjon.

Så noen ord om de glisne grantoppene. Det normale hos gran er at barnålene sitter på treet i 8 - 10 år. På et grantre finner en derfor normalt åtte til ti generasjoner av barnåler. En alminnelig anerkjent form for forurensningsskade på barskog er at barnålene eldes fortere og faller av tidligere enn normalt. Treet får dermed færre generasjoner med barnåler og ser glissent ut. Dette er påvist ved forholdsvis lave konsentrasjoner av SO₂ som virker i lengre tid. Over lang tid eller ved en svak økning i konsentrasjonen vil en slik skade kunne utvikle seg dithen at treet mister alle sine nåler og dør. De eksempler på glisne topper som ble observert på Slagentangen kan være begynnelsen til en forurensningsskade av nevnte type. I tilfelle bør en være forsiktig med å øke belastningen i noen særlig grad. En skal imidlertid ikke se bort fra at fenomenet "glisne topper" kan ha andre årsaker. For å få et sikrere svar kreves det en systematisk undersøkelse med blant annet kjemiske analyser av barnåler.



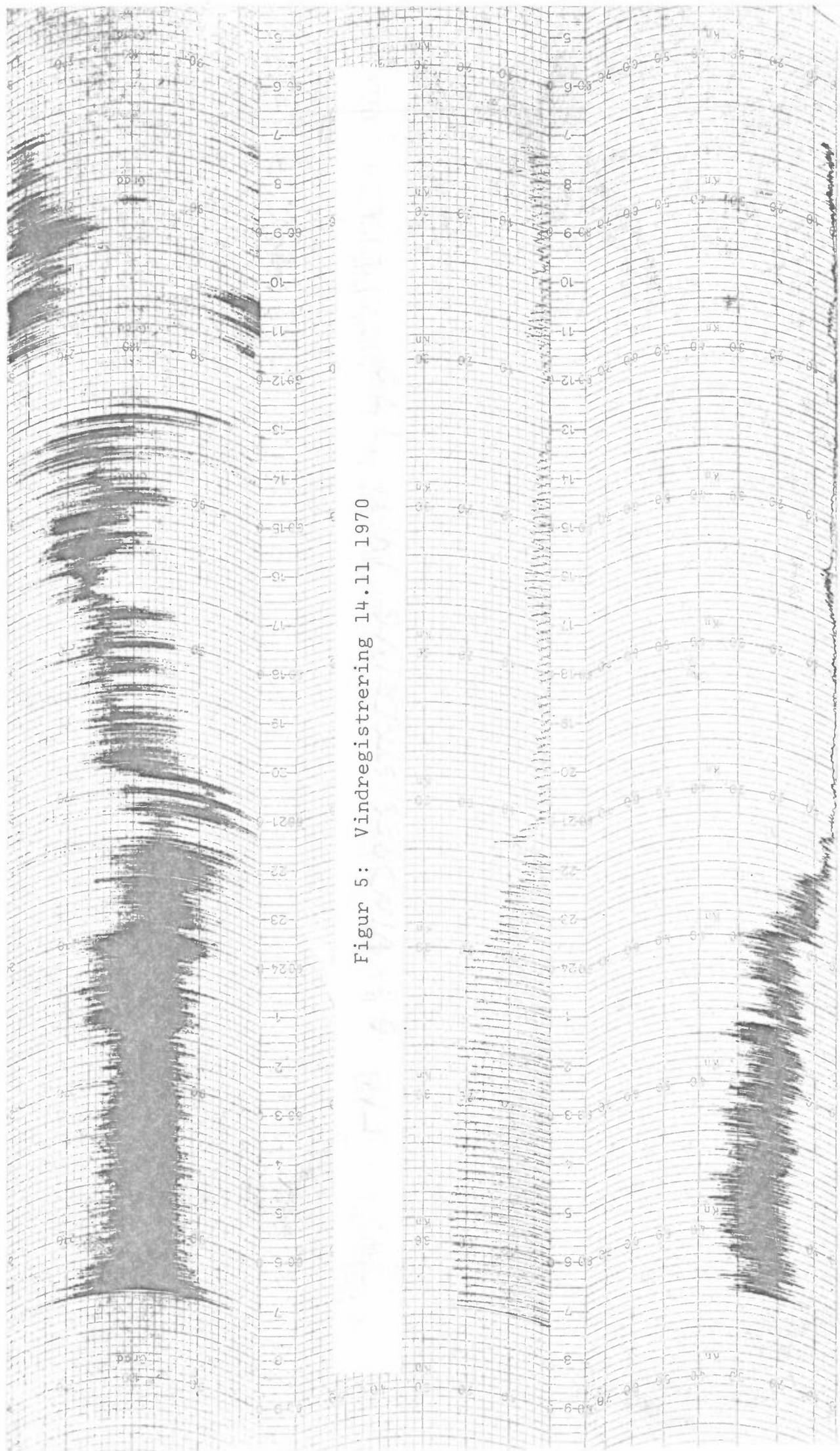
Figur 1: Kart over Slagentangen med posisjoner for SO₂-stasjoner og lavprøver.



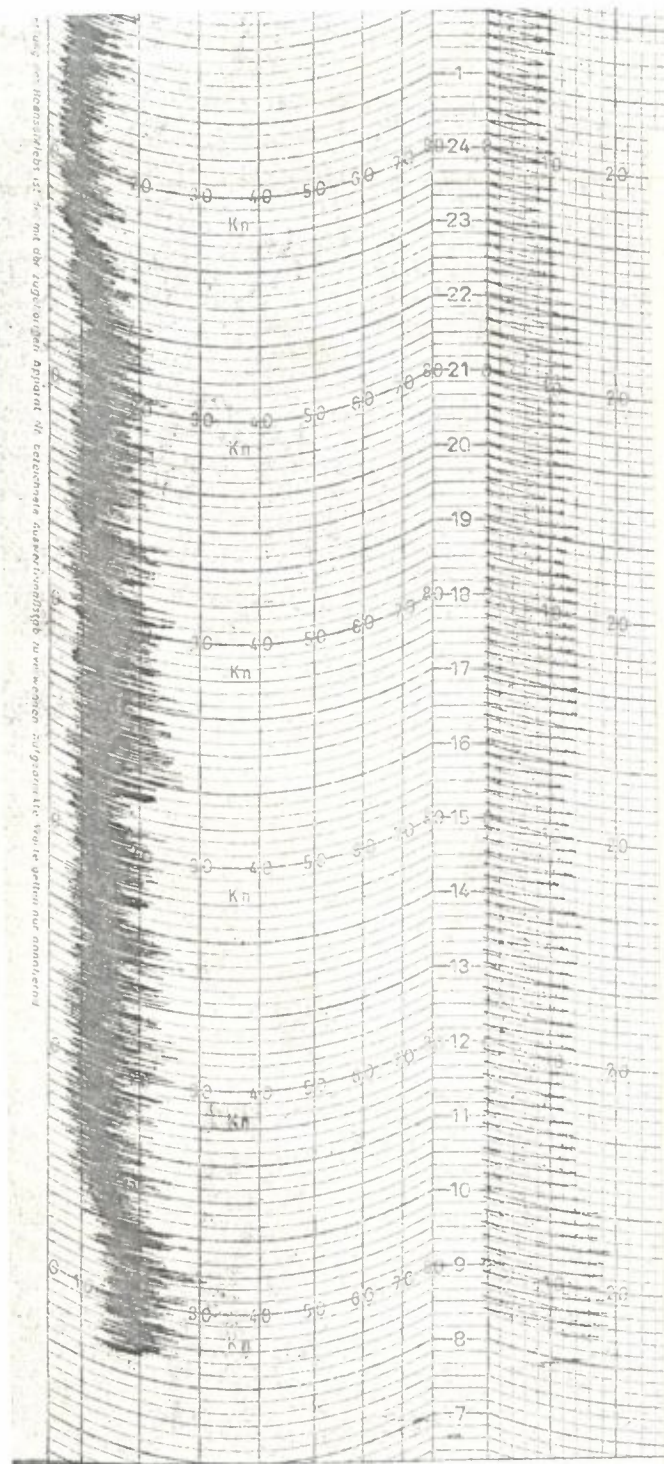
SLAGENTANGEN

Aufgelegt am 24.11.1970 Abgenommen am 24.11.1970

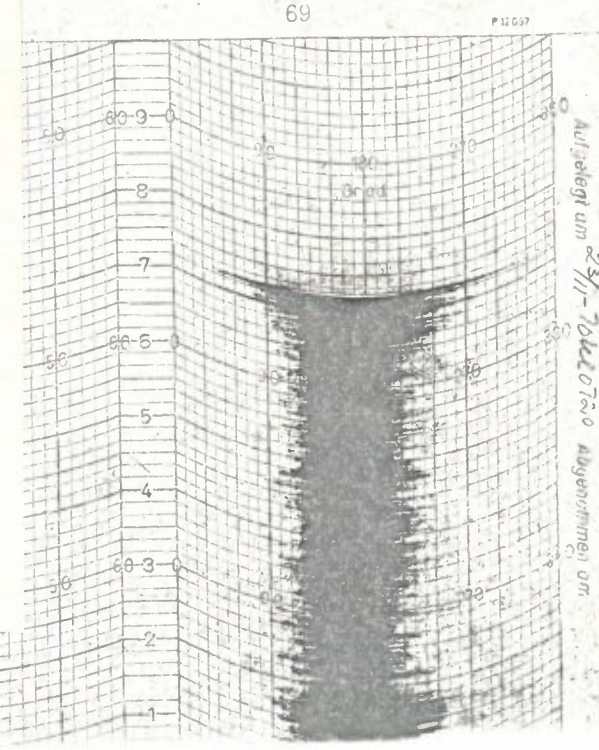
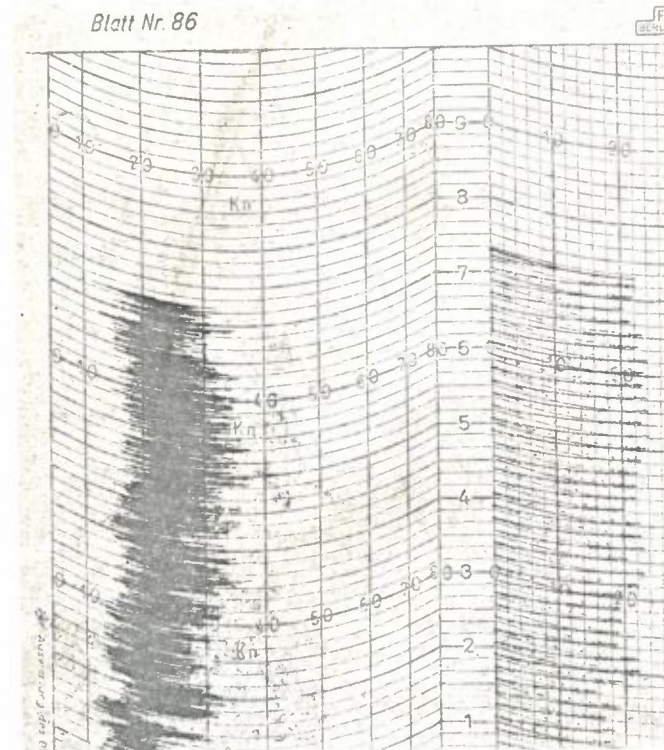
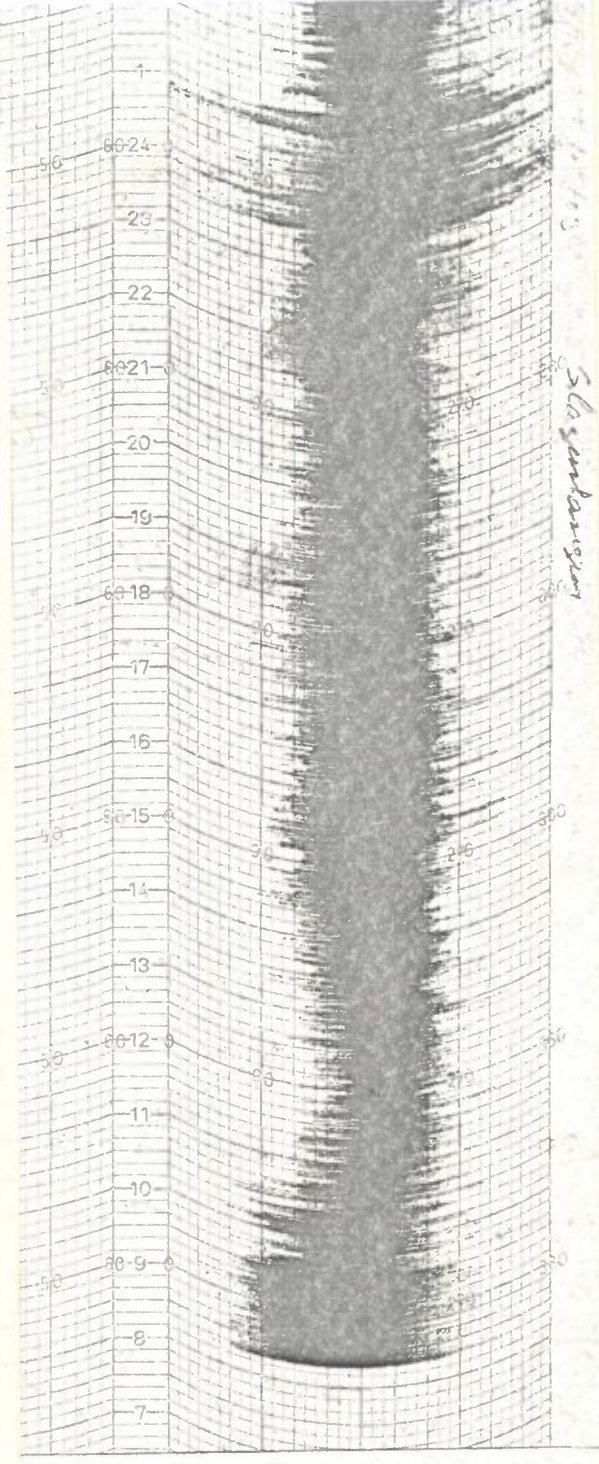
Figur 4: Vindregistrering 25.11 - 26.11 1970



Figur 5: Vindregistrering 14.11 1970



Figur 6: Vindregistrering 24.11 1970



Skylensbælg

Aufgelegt um 23/11-1970 Augenmaß

Blatt Nr. 86

69

P 12 037