

K O N I N K L I J K N E D E R L A N D S
M E T E O R O L O G I S C H I N S T I T U U T

D e B i l t

WETENSCHAPPELIJK RAPPORT

W.R. 74-13

A. Driedonks

Akoestische sonderingsapparatuur

De Bilt, 1974

Publikationsnummer: K.N.M.I. W.R. 74-13 (M.O.)

U.D.C.: 551.507.7 :
551.596.6

Summary

During the last few years the interest in techniques for the remote sensing of the lower troposphere has rapidly increased.

Especially the acdar (acoustic detection and ranging) is a very promising instrument for the determination of important meteorological parameters in the atmospheric boundary layer.

In this report a survey is given of this acoustic echo-sounding technique and its scientific aspects. Such an acdar was installed at 300 m from a 200 m high meteorological mast at Cabauw, about 25 km SW of Utrecht (the Netherlands). Comparisons were made between the acdar recordings and the measurements at the mast, which include, among others, temperature and visibility at different heights. The resemblance was striking.

Acknowledgement

The co-operation with Mr. J.H. Rietman, Mr. A.P. van Ulden and Mr. H.R.A. Wessels during the preparation of this report has been greatly appreciated.

Legends to figures

- Figure 1 Example of an acdar record.
- Figure 2 Monostatic acoustic sounder system
 (AeroVironment Inc.).
- Figure 3 Acoustic enclosure, with one of the five sides
 removed to show the antenna inside.
- Figure 4 Record taken at Cabauw, on 5 May 1974.
- Figure A Comparison of acdar-record with mast measure-
 ments, Cabauw 15 March 1974.
- Figure B Comparison of acdar-record with mast measure-
 ments, Cabauw 21 March 1974.

Inhoud

- I Inleiding.
- II Werkingsprincipe van een acdar.
- III Interpretatie van acdar-registraties.
- IV De in Cabauw beproefde apparatuur.
- V Vergelijking van acdar-metingen met 200m-mast-gegevens.
- VI Wetenschappelijke aspecten.
- VII Andere methodieken en contacten met andere instanties.
- VIII Personele en materiële konsekventies bij aanschaf van een acdar.
- IX Slotkonklusies.

Literatuur

Figuren

I. Inleiding

Sinds in 1968 McAllister [1] voor het eerst meetresultaten publiceerde, verkregen met een acdar (acoustic detection and ranging), is de ontwikkeling in deze richting in snel tempo voortgegaan en zijn talloze publikaties op dit terrein verschenen.

Aangezien een dergelijk instrument in principe de mogelijkheid biedt op unieke wijze belangrijke meteorologische parameters te bepalen in de atmosferische grenslaag, is in 1973 binnen het KNMI en meer specifiek binnen MO-B een onderzoeksproject gestart (opdrachtdokumentatie no. 617) met de volgende drie doelstellingen:

1. het nagaan uit literatuurstudie van de mogelijkheden tot interpretatie van acdar-gegevens;
2. het zo mogelijk beproeven van een bruikleen-exemplaar te Cabauw en het vergelijken van aldus verkregen metingen met gelijktijdige in situ metingen, te verrichten met radiosondes en aan de 200m-meteomast;
3. het in samenwerking met een medewerker van de Instrumentele Afdeling uitvoeren van verkenningen bij instituten en de industrie, uitmondend in een aankoopadvies.

Dit onderzoek werd door twee medewerkers van resp. MO-B en INSA uitgevoerd.

II. Werkingsprincipe van een acdar (Zie bijv. ref. [1], [2], [3])

Akoestische energie wordt, bij voortplanting door de atmosfeer, verstrooid aan turbulente fluktuaties in wind en temperatuur. Op dit principe is de acdar gebaseerd. Door middel van een antenne wordt een zo sterk mogelijk gerichte akoestische puls uitgezonden, in het algemeen vertikaal omhoog, waarna de verstrooide energie wordt geregistreerd als functie van de hoogte. Theoretisch kan worden aangetoond, dat verstrooiing onder een hoek van 180° (dus achterwaarts verstrooide energie, welke weer kan worden opgevangen met dezelfde antenne) alleen kan geschieden aan temperatuur-

fluktuaties, en wel die met een schaal gelijk aan de helft van de akoestische golflengte. Bij een akoestische frekwentie van 1600 Hz en een voortplantingssnelheid van ca 330 m/s zal achterwaartse verstrooiing dus voornamelijk optreden aan temperatuurfluktuaties met een schaal van ca 10 cm. Fluktuaties in de wind spelen hierbij theoretisch geen rol.

Hoewel een acdar niet rechtstreeks turbulentie meet, is turbulentie wel noodzakelijk om wervels met voldoende kleine schaal te creëren. Opdat er achterwaartse verstrooiing kan optreden, moeten er in deze kleine wervels temperatuurverschillen zijn, hetgeen impliceert de aanwezigheid van een niet-adiabatische temperatuurgradiënt, bijvoorbeeld een inversie.

Bij registratie van de achterwaarts verstrooide energie als functie van de hoogte verkrijgt men dus een beeld van de gebieden met niet-adiabatische gradiënt. In de praktijk is het onderscheid tussen stabiel en onstabiel probleemloos te maken. De vereiste turbulentie is in de praktijk vrijwel altijd aanwezig.

III. Interpretatie van acdar-registraties

Registratie van door temperatuurfluktuaties achterwaarts verstrooide energie geschiedt meestal op een recorder met lineaire hoogteschaal, waarbij de intensiteit van deze energie tot uitdrukking komt in de mate van zwarting van het papier. Door de opeenvolgende pulsen naast elkaar te registreren, ontstaat een tijd-hoogte diagram van teruggekaatste energie. (Zie als voorbeeld figuur 1).

Zoals in het voorgaande is betoogd, is voor verstrooiing van akoestische energie in achterwaartse richting vereist dat de temperatuurgradiënt lokaal niet-adiabatisch is en dat er turbulente wervels op kleine schaal aanwezig zijn. Het laatste criterium is vrijwel altijd vervuld. Meteorologisch gezien kunnen we dus met een acdar de volgende situaties zichtbaar maken:

- 1e de onderste en bovenste gedeelten van konvektie-pluimen;
- 2e de stabiele grenslaag 's nachts;
- 3e inversies boven de menglaag;
- 4e inversie-structuren in meerdere lagen boven elkaar.

De hoogte tot waarop deze verschijnselen te herkennen zijn, hangt behalve van de intensiteit van de verschijnselen voornamelijk af van de eigenschappen van de acdar en van het ruisniveau van de omgeving. Met niet al te gekompliceerde apparatuur is een hoogte van ca 1000 m haalbaar.

In het algemeen verkrijgt men uit een acdar-registratie slechts kwantitatieve informatie over de sterkte van de teruggekaatste energie. De daadwerkelijke grootte van de temperatuurgradiënten is niet kwantitatief te bepalen.

Kwantitatieve informatie is wel te verkrijgen over de hoogte waarvan echo's terugkomen. Daarom is wel na te gaan op welke hoogte zich een inversie bevindt en over de ontwikkeling hiervan in de tijd. De mate van zwarting geeft dan nog wel een relatieve indicatie van de sterkte.

Als karakteristiek voorbeeld van de mogelijkheid tot interpretatie van een acdar-strook kan figuur 1 dienen:

Om ongeveer 08.30 uur is op ca 160 m hoogte een band van zwarting te zien, die moet worden geacht afkomstig te zijn van de inversie boven de toen aanwezige mist. Verwarming door de zon doet deze mistlaag oplossen, waarbij de inversie nog wel blijft bestaan. (Informatie over mist kan niet uit de acdar-echo zelf worden gehaald, maar is uit plaatselijke observatie bekend). Om ca 09.40 uur is duidelijk te zien dat aan de grond konvektieve pluimen ontstaan, die in de loop van de tijd sterker worden. De menglaag wordt steeds dikker en om 13.00 uur stijgt de inversie tot ca 450 m.

IV. De in Cabauw beproefde apparatuur

Op 18 januari 1974 werd te Eupen (België) een demonstratie gegeven van een acdar, gefabriceerd door AeroVironment Inc. (Zie ook desbetreffend reisverslag). Het was de eerste maal dat een dergelijke apparatuur in Europa werd getoond. Na deze demonstratie is de toezegging verkregen, dat het KNMI dit exemplaar tijdelijk ter beproeving in Cabauw ter beschikking zou krijgen, hetgeen op 7 maart 1974 inderdaad gebeurde.

Aangezien met deze apparatuur enige ervaring is opgedaan, volgt er hier een korte beschrijving van. Onderscheiden kunnen worden twee functionele onderdelen, t.w.

1. een elektronische eenheid, die een korte puls genereert en vervolgens het terugkomende signaal versterkt en op een speciale papierstrook registreert, waarbij de intensiteit van de terugkomende energie tot uitdrukking komt in de mate van zwarting;
2. een antenne, die bestaat uit een parabolische reflector met in het brandpunt hiervan een luidspreker, die tevens als microfoon dienst doet.

Om de zijlobben van de antenne zoveel mogelijk te verzwakken en het ruisniveau te verlagen en tevens geluidshinder in het horizontale vlak zoveel mogelijk te onderdrukken, dient om de antenne een geluidsabsorberende wand te worden geplaatst van ca 2,5 m hoogte.

Om een indruk te geven van de beschreven onderdelen zijn twee foto's bijgevoegd. (Figuren 2 en 3).

Bij de onderhavige accdar staan luidspreker en microfoon op dezelfde plaats (monostatic sounder), zodat slechts de energie wordt geregistreerd, die door temperatuurfluctuaties achterwaarts wordt verstrooid, zoals in de voorgaande hoofdstukken is uiteengezet.

Enkele ter zake doende specificaties van deze accdar zijn:

- hoogtebereik : 1000 m (naar keuze instelbaar op 500 m)
- frekwentie : 1600 Hz
- pulslengte : 50, 100 of 200 ms
- pulsfrekwentie : 1 puls per 14 seconden
- resolutie in hoogte : afhankelijk van pulslengte 10-40 m
- papiersnelheid : 31.8 mm/u (28 dagen op een strook)
- vermogen : 140 W
- afmetingen : elektronische eenheid 43x43x15 cm,
antenne ϕ 133 cm, hoogte 80 cm

Ten aanzien van deze specificaties zijn hier nog twee opmerkingen op hun plaats, t.w.

- Vermogen. Naast het beproefde type (140 W) is ook een uitvoering van 35 W verkrijgbaar. Deze laatste is gevoeliger voor de aanwezigheid van achtergrondruis (bijv. wind, stadsrumoer) en zal in het algemeen een geringer hoogtebereik hebben dan die van 140 W.
- Verbindingskabels. In standaarduitvoering wordt een verbindingskabel tussen elektronische eenheid en antenne bijgeleverd van ca.

60 m lengte. Dit is onvoldoende om in Cabauw, bij registratie in het meetgebouw, voldoende afstand te verkrijgen tussen mast en antenne. Volgens fabrieksopgave is de lengte van deze kabel zonder veel problemen te vergroten tot 300 m, mits er in de buurt van de kabel geen elektrische ruis geproduceerd wordt. Indien dit wel het geval is, zijn er voor dit probleem andere (gekompli- ceerdere) oplossingen mogelijk.

V. Vergelijking van acdar-metingen met 200m-mast gegevens

De ter beproeving verkregen acdar is op 7 maart te Cabauw geïnstalleerd. Oorspronkelijk vond de registratie in het meetgebouw plaats en stond de antenne dus op slechts ongeveer 60 m van de mast. Dit bleek niet te voldoen aangezien de mast een dermate storende invloed had op de registraties, dat deze geen enkele zinnige informatie meer verschaften. Derhalve werden recorder plus antenne zodanig verplaatst in NW-lijke richting, dat de afstand van antenne tot mast voldoende groot was (ca 300 m) om storende invloeden te vermijden. De antenne werd omgeven door een bijgeleverde (geïmproviseerde) geluidsabsorberende wand, terwijl de recorder in een afgesloten, verwarmde kast werd geplaatst. Aldus werd geregistreerd tot 18 maart 1974. Op die datum is de geluidsafscherming tijdens een storm omgewaaid. Op 25 maart d.a.v. is de registratie gestopt wegens een defekte luidspreker. Na aankomst van een nieuwe luidspreker is de acdar zo spoedig mogelijk weer in bedrijf gesteld (2 mei 1974). Sindsdien is de registratie in orde.

Zonder nog te spreken van vergelijking met mastmetingen zijn de volgende punten duidelijk geworden:

1. Plaatsing van de antenne op 60 m van de mast geeft onaanvaardbare registratie.
2. Verplaatsing van antenne en recorder tot 300 m van de mast lost dit probleem op, zeker als een goede geluidsabsorberende wand wordt gebruikt. Een vuistregel is, dat de afstand van de antenne tot een obstakel groter moet zijn dan de hoogte van het obstakel.
3. De registraties vertonen qua structuur veel overeenkomst met die, welke uit de literatuur bekend zijn.
4. De maximale hoogte waarvan significante echo's worden verkregen, bedroeg in het tijdvak tot 22 maart 1974 ca 500 m. Uit de

radiosonderingen van De Bilt is niet gebleken dat in dit tijdvak inversies tussen 500 en 1000 m voorkwamen. Na 2 mei 1974 zijn er inversies geregistreerd tot ca 800 m hoogte. (Zie figuur 4).

5. De uitgezonden geluidspuls is met deze geluidsabsorberende wand benedenwinds tot op een afstand van ca 250 m nog waar te nemen. De geluidshinder is te verminderen door het bouwen van een betere akoestische afscherming.

Het bewerken van alle temperatuurgegevens van de Cabauw-mast over een lange periode op een zodanige wijze, dat de resultaten gedetailleerd vergeleken kunnen worden met acdar-gegevens, kost vrij veel tijd. Van de mast komen elke 2 minuten temperaturen op 200, 160, 120, 80, 40, 20, 9 en 2 m hoogte. De acdar zendt elke 14 seconden een puls uit. Deze laatste is als individuele meting niet bruikbaar, maar door de continuïteit in de presentatie ontstaat een resultaat waarin verschijnselen met een tijdschaal van ca 10 minuten goed zijn te herkennen. Uiteindelijk is - aan de hand van mastgegevens - als vergelijkingsvorm tussen acdar en mast gekozen voor het bepalen van de volgende diagrammen:

1. tijd-hoogte diagram van isothermen ($^{\circ}\text{C}$), over ca 6 min. gemiddeld;
2. tijd-hoogte diagram van isogradiënt-lijnen van potentiële temperatuur ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$), over ca 30 min. gemiddeld;
3. tijd-hoogte diagram van mist (zicht < 1000 m), voor zover aanwezig.

Om te onderzoeken of de acdar-metingen in overeenstemming zijn met de op bovenstaande wijze verkregen diagrammen, zijn twee tijdvakken geselecteerd waarin de acdar-echo's gedurende lange tijd onder de 200 m bleven, zodat zo'n vergelijking zinvol is, t.w.

1. 15 maart 1974 04.00 gmt - 15 maart 1974 10.00 gmt;
2. 21 maart 1974 20.00 gmt - 22 maart 1974 05.00 gmt.

Tijdvak 1 is een geval van het omhoogkomen van een inversie in de ochtenduren door verwarming van het aardoppervlak door de zon. In dit geval is het een inversie boven een mistlaag.

Tijdvak 2 is een nacht waarin gedurende enige tijd mist voorkomt, die later wegtrekt, waarna er een "droge" inversie overblijft.

Er zij hier nogmaals op gewezen, dat de acdar-echo's niet afkomstig zijn van de mist, maar uitsluitend van de inversie, die zich in het algemeen boven de mist bevindt.

Buiten deze twee tijdvakken is er nog een derde tijdvak geanalyseerd, waarin de acdar echo's vertoonde tot ongeveer 800 m.

De diagrammen, die betrekking hebben op de hogergenoemde tijdvakken, zijn te vinden in de figuren A (tijdvak 1) en B (tijdvak 2), waarbij:

- A-1 en B-1 : acdar-registratie;
- A-2 en B-2 : tijd-hoogte diagram van isothermen;
- A-3 en B-3 : tijd-hoogte diagram van isogradiënten van potentiële temperatuur;
- A-4 en B-4 : tijd-hoogte diagram van de mistlaag (zicht < 1000 m).

Bij de interpretatie van deze diagrammen is het nodig te onderkennen dat acdar-echo's afkomstig zijn van temperatuurgradiënten, welke op de isothermen-diagrammen zijn te herkennen aan gebieden waar de isothermen, vertikaal gezien, dicht bij elkaar liggen.

In de volgende twee tabellen zijn voor beide tijdvakken enkele karakteristieke momenten uit de diagrammen met elkaar vergeleken, zodat kan worden onderzocht of deze al dan niet in alle diagrammen synchroon aanwezig zijn. Als hoogte van de acdar-echo's is steeds het gemiddelde genomen van de verticale strook van zwarting.

Tijdvak 1, figuur A

<u>A-1</u>	<u>A-2</u>	<u>A-3</u>	<u>A-4</u>
<u>Algemene tendens:</u>			
stijgend gebied met sterke echo's, beginnend om ca. 05.30u; boven 200m om ca. 09.00u	stijgend gebied met grote gradiënten, van ca. 05.30 af; boven 200m om ca. 09.10u	stijgend gebied met grote gradiënten; boven 200m om ca. 09.00u	dikker wordende mistlaag, vanaf ca 05.00u; mist trekt op om ca 08.30u
<u>karacteristieke punten:</u>			
06.50u: relatieve top in accdar-echo's op ca. 140m	grote gradiënt op 130m	geen golfverschijnselen waarneembaar vanwege grote middelingstijd	top in mist op 150m
07.10u: relatieve top in echo's op ca. 150m	-	-	top op 140m
07.30u: relatieve top op ca. 150m	golftop op 150m	-	top op 160m
07.40u: relatief dal in echo's op ca. 130m	golfdal op 140m	-	dal op 120m
08.10u: relatieve top op 200m	golftop op 200m	-	top op 200m
08.20u: relatief dal op 170m	golfdal op 170m	-	dal op 160m
08.30u: top boven 200m	08.40u: golftop boven 200m	-	-
08.50u: dal op ca. 130m	golfdal op 180m	-	-
09.00u: echo's definitief boven 200m. De echo's spreiden zich over een steeds dikkere laag en vervagen. Omstreeks 10.00u verdwijnen ze op 300m	geen gradiënt onder 200m	-	mist gaat over in stratocumulus

Tijdvak 2, figuur B

<u>B-1</u>	<u>B-2</u>	<u>B-3</u>	<u>B-4</u>
<u>Algemene tendens:</u>			
echo's tot ongeveer 100m met om ca. 02.30u optreden van twee echo's boven elkaar	inversie op gemiddeld 80m hoogte. Om 02.30u twee inversies boven elkaar	grote gradiënten in smalle strook onder 100m. Om 02.30u twee inversies	mist tot ca. 80m hoogte van 22.00-04.00u
<u>karakteristieke punten:</u>			
24.00u: golftop echo's op ca. 100m	maximum in inversiehoogte 100m	maximum op 100m hoogte	maximum op 80m hoogte
02.30u: ontstaan van dubbele echo op 120 en 80m	twee gebieden boven elkaar met grote gradiënten	02.40u: splitsing in twee stroken met grote gradiënten	-
04.00u: verdwijnen onderste echo, bovenste op ca. 160m	versmelting van twee inversies tot één resterende	verdwijnen onderste inversie	mist verdwenen

N.B.: Pulslengte in tijdvak 2 was 200 ms, waardoor minder resolutie in de hoogte wordt verkregen dan in tijdvak 1 met een pulslengte van 50 ms.

Uit deze beide tabellen blijkt, dat de echo's, die deze acdar registreert door zwarting, zeer goede overeenstemming vertonen met de m.b.v. de mastgegevens bepaalde tijd-hoogte diagrammen van isothermen, isogradiënten en mist.

Hierbij kan nog worden opgemerkt, dat de overeenstemming van de acdar-echo's met de radiosonderingen van De Bilt om 00.00 en 12.00 gmt goed was.

Het derde tijdvak (5 mei 1974 00.00-12.00 gmt) is een geval waarbij de acdar-echo's afkomstig zijn van grotere hoogten (tot 700 à 800 m). Zie figuur 4. Voor dit tijdvak zijn de weerkaarten en de radiosonderingen geanalyseerd. De radiosonderingen gaven - op lage hoogte - de volgende karakteristieke punten:

<u>00.00 gmt</u>		<u>12.00 gmt</u>	
z	θ	z	θ
5	10.5	5	8.2
383	12.4	651	8.5
489	14.2		
1005	16.6		
1352	16.9	1395	10.2
1488	17.1	1591	13.1

Om ca. 10.30 uur geeft de acdar echo's van een hoogte van ca. 400 m, hetgeen goed overeenstemt met de radiosonde.

De potentiële temperatuur op ca. 1350 m is van 00.00 tot 12.00 uur met 6.7° C gedaald (hetgeen overeenstemt met de weerkaarten), waaruit blijkt dat in de nacht een koufront is gepasseerd. De θ_{200} van Cabauw neemt tussen 4 mei 19.00 gmt en 5 mei 04.00 gmt met 9.3° C af.

We kunnen dus aannemen dat de acdar-echo's afkomstig zijn van een koufront-inversie, die tussen 00.00 en 12.00 gmt stijgt van ongeveer 400 tot ongeveer 1500 m. De hoogte van de inversie kan hier worden beschouwd als de hoogte van de menglaag. Opmerkelijk is, dat deze toch vrij zwakke inversie reeds goede echo's geeft.

VI. Wetenschappelijke aspecten

Naast de vraag in hoeverre de echo's van deze acdar in overeenstemming zijn met de mastgegevens, welke vraag gezien het voorgaande bevestigend kan worden beantwoord, is ook van belang in welke mate de met een acdar verkregen gegevens op zichzelf een bijdrage leveren tot de voortgang van het meteorologische onderzoek en of de te verwachten resultaten de te investeren personele en materiële inspanningen rechtvaardigen.

In de laatste jaren, meer in het bijzonder sinds het tot stand komen van de Cabauw-mast, is het terrein waarop het grenslaagonderzoek zich beweegt, sterk uitgebreid. Stond vroeger de oppervlaktelaag centraal in theorie en ook in experimentele mogelijkheden, door de recente uitbreidingen is het nu mogelijk de gehele grenslaag in het onderzoek te betrekken. Onderzoek hiernaar is dringend vereist om op den duur de verschijnselen in de grenslaag op zodanige wijze te kunnen parametriseren, dat koppeling aan grotere (synoptische) schaal mogelijk wordt.

Om tot een modellering van verschijnselen in de grenslaag te komen, is het steeds noodzakelijk te beschikken over meetgegevens van parameters, die hiervoor bepalend zijn. Uit recente beschouwingen is duidelijk geworden, dat de lengteschaal, die in de processen boven de oppervlaktelaag overheersend is, moet worden gezocht in de hoogte tot waar turbulente menging optreedt, i.c. de menghoogte. Deze is in het algemeen gelijk aan de hoogte tot de laagste inversie. Het verkrijgen van frekwente metingen van deze menghoogte is noodzakelijk om te kunnen komen tot modellen voor de ontwikkeling hiervan en van de fluxen van impuls, voelbare en latente warmte.

Omdat de menghoogte snel kan veranderen - speciaal in de ochtenduren - is het niet goed mogelijk deze ontwikkelingen te beschrijven aan de hand van de twee dagelijkse radiosonderingen te De Bilt. Een frekwentie van twee per dag is bepaald niet optimaal om de Cabauw-metingen aan te vullen, wanneer - zoals vaak gebeurt - de menghoogte groter is dan 200 m.

Het verhogen van de frekwentie van radiosonderingen is slechts een oplossing voor zeer korte tijdvakken vanwege de grote personele en materiële inspanningen, die hiervoor vereist zijn.

Met behulp van een acdar is het mogelijk continu de menghoogte te bepalen, mits deze kleiner is dan 1000 m. Dit betekent, dat gedurende het grootste gedeelte van het jaar over menghoogtegegevens kan worden beschikt.

Voor menghoogten groter dan 1000 m, die vooral in de zomer overdag voorkomen, kan worden verwacht dat de radiosondering van 12.00 gmt voldoende aanvullende informatie verschaft, omdat bij dergelijke hoogten de ontwikkeling in de tijd ook minder snel gaat.

Het verkrijgen van mennghoogtegegevens tot 1000 m met grote frekwentie zal voor de volgende onderzoeken van belang zijn:

1. Grenslaagonderzoek, speciaal voor zover dit betreft de parametrisering van processen als transport van impuls, latente en voelbare warmte. Komen tot modellen voor de ontwikkeling van de mennghoogte en toetsing hiervan. De acdar zal in deze gebruikt worden als aanvulling op de Cabauw-mast.
2. Doordat vrijwel kontinu beschikt wordt over de mennghoogte, kunnen situaties met mogelijk ernstige luchtverontreiniging worden herkend. Tevens is het mogelijk een soort klimatologie van mennghoogten tot 1000 m aan te leggen, welke als invoergegeven kan dienen in verspreidingsmodellen, zoals bijvoorbeeld in het model dat op het KNMI wordt gebruikt.
3. Een belangrijk aspekt van metingen met acdar in Cabauw is de terugkoppeling op de mastgegevens. Met behulp van acdar-registraties kan zeer snel een selectie worden gemaakt uit de grote hoeveelheid mastgegevens t.b.v. onderzoek naar karakteristieke situaties of voor het maken van case-studies.
Bovendien worden uit acdar-registraties interessante situaties direkt duidelijk, zodat kans op het verloren gaan in de grote hoeveelheid materiaal gering is. Dit betekent, dat de acdar ook van belang is in de eerste 200 m.
4. Omdat een acdar vrij eenvoudig is te verplaatsen, bestaat de mogelijkheid de gang van de mennghoogte op verschillende soorten terrein te bepalen.
5. Een operationele toepassing is bijvoorbeeld, zoals te zien is uit de in hoofdstuk V uitgewerkte tijdvakken, de bepaling van de hoogte van een mistlaag, als men eenmaal weet dat er mist is. Dit is van groot belang o.a. voor de luchtvaartmeteorologie.

VII. Andere methodieken en kontakten met andere instanties

Naast de acdar bestaan er nog enkele andere methodieken om analoge metingen te doen. De RASS (radio acoustic sounding system) werkt volgens het principe, dat een korte geluidspuls vertikaal omhoog wordt uitgezonden, welke met behulp van een radar wordt gevolgd. De voortplantingssnelheid kan aldus worden bepaald en deze is evenredig met de wortel uit de plaatselijk heersende absolute temperatuur. Over dit systeem zijn slechts enkele artikelen verschenen en het ziet er niet naar uit dat deze methode binnen afzienbare tijd operationeel zal zijn, terwijl ze in ieder geval veel duurder wordt dan een acdar.

Verder zijn er nog methoden gebaseerd op de verstrooiing, niet van akoestische, maar van elektromagnetische energie. Deze techniek is de laboratoriumfase nog niet te boven, terwijl bovendien het hoogtebereik bepaald gering is.

Gesteld mag worden, dat momenteel de acdar-techniek de enige reële mogelijkheid is. Tennekes [16] kwam ook tot deze konklusie. Tijdens de demonstratie in Europa is gebleken uit kontakten met andere bezoekers dat, voor zover is na te gaan, geen andere firma een acdar in de handel had gebracht, terwijl niet werd verwacht dat op korte termijn (circa 1 jaar) essentieel andere typen verkrijgbaar zouden zijn.

Op 24 april 1974 is tijdens een studiedag in Meppen (W-Dld) kontakt gelegd met aldaar aanwezige onderzoekers, afkomstig van Euratom Ispra (It.). Dit instituut heeft eenzelfde type acdar gekocht als in Cabauw oeproofd wordt en had deze ongeveer een maand in gebruik. De opgedane ervaringen waren zonder meer gunstig te noemen en onder de door hen getoonde registraties waren enkele fraaie van inversies tot 1000 m, waaruit blijkt dat deze hoogte inderdaad kan worden gehaald.

VIII. Personele en materiële konsekventies bij aanschaf van een acdar

Bij aanschaf van dit type acdar verdient het aanbeveling de geluidsisolerende wand, die de antenne moet afschermen, in eigen beheer te maken. Deze konstruktie dient gemakkelijk verplaatsbaar te zijn. Bovendien is het vereist dat de registratie in het meetgebouw te Cabauw geschiedt en de antenne voldoende ver van de mast wordt geplaatst. Dit is in overleg met de fabrikant te realiseren.

De registratie kan in principe zonder toezicht geschieden gedurende 28 dagen (lengte van de papierstrook). In de praktijk is het echter wenselijk frekwenter te controleren, met een minimum van éénmaal per week. Een dergelijke controle kost ca. $\frac{1}{2}$ uur. De ordening van de gegevens kan worden geschat op ca. 2 uur per week. De hoeveelheid tijd, die het bewerken van de registraties kost, is sterk afhankelijk van de doelstelling. Acdar-gegevens kunnen onderzoekerstijd besparen bij het uitwerken van mastgegevens.

De materiële konsekventies zijn de volgende:

- aanschaf acdar met speciale optie t.a.v. registratie, d.w.z. dat de registratie zelf in het meetgebouw onder de mast moet kunnen geschieden, terwijl de antenne toch voldoende ver (ca. 300m) van de mast kan worden geplaatst om storende invloeden van geluidsreflekties te vermijden. In de standaarduitvoering is dit niet mogelijk;
- aanmaak verplaatsbare akoestische afscherming;
- aanschaf reserve-onderdelen.
(Opm.: de toezending van een nieuwe luidspreker bleek binnen twee weken te realiseren);
- aanschaf registratiepapier.

IX. Slotkonklusies

De methode om met behulp van akoestische sonderingen gegevens te verkrijgen over meteorologische parameters in de atmosferische grenslaag is nog betrekkelijk jong en ziet er veelbelovend uit. Deze gegevens betreffen

- a) een kwalitatief beeld van de temperatuurstructuur met de hoogte, waardoor inversies en konvektieve pluimen kunnen worden herkend;
- b) een kwantitatieve bepaling, met een redelijke nauwkeurigheid, van de hoogte van inversies.

Een dergelijke acdar is beproefd te Cabauw, in eerste instantie om na te gaan in hoeverre acdar-gegevens in overeenstemming zijn met mastmetingen. Gebleken is, dat de registraties van de acdar, voor zover ze onder de 200 m lagen, zeer goede overeenstemming vertoonden met de uit de mastgegevens bepaalde tijd-hoogte diagrammen voor isothermen, isogradiënten en mist. Echo's van boven de 200 m werden vergeleken met de twee dagelijkse radiosonderingen van De Bilt. De overeenstemming was goed.

Het wetenschappelijke en operationele belang van de uit acdar-registraties verkregen gegevens is velerlei. Als belangrijkste punten moeten worden genoemd:

1. Het huidige onderzoek naar de grenslaag als geheel heeft dringend behoefte aan bepaling, met grote resolutie in de tijd, van de menghoogte (hoogte tot laagste inversie) als lengteschaal-parameter voor transportverschijnselen.
Als gegeven bij de ontwikkeling en toetsing van modellen is de menghoogte onmisbaar. Bij menghoogten boven 200 m vormt de acdar de enige reële mogelijkheid om deze te bepalen.
2. Uit de bepaling van de menghoogte zijn situaties, ongunstig voor de verspreiding van luchtverontreiniging te herkennen. Tevens is het mogelijk een soort klimatologie van menghoogten te verkrijgen en deze als invoerparameter voor verspreidingsmodellen te gebruiken.
3. Aan de hand van acdar-registraties is het mogelijk interessante meteorologische situaties snel te herkennen en te selekteren, waardoor een optimaal gebruik van de mastgegevens kan worden gemaakt.
4. Doordat de apparatuur vrij eenvoudig is te verplaatsen, is het mogelijk het gedrag van de menghoogte op verschillende soorten terrein te bestuderen en te onderzoeken in hoeverre de metingen aan de Cabauw-mast representatief zijn voor een groter gebied.
5. Bij aanwezigheid van mist is het mogelijk met behulp van acdar de hoogte van de mistlaag te bepalen, zonder dat een mast nodig is; dit is o.a. van groot belang voor de luchtvaartmeteorologie.

De konklusie is, dat de acdar een zeer waardevolle aanvulling op de Cabauw-mast zal zijn, waardoor de mastgegevens sterk in waarde zullen stijgen.

Literatuur

- [1] McAllister, L.G. et al.: "Acoustic sounding - a new approach to the study of atmospheric structure". Proc. IEEE 57, 4 (1969), 579-587.
- [2] Little, C.G.: "Acoustic methods for the remote probing of the lower atmosphere". Proc. IEEE 57, 4 (1969), 571-578.
- [3] Hall, F.: "Temperature and wind structure studies by acoustic echo sounding". Remote sensing of the troposphere, Ch. 18, ed. V. Derr (1972).
- [4] Little, C.G.: "Prospects for acoustic echo sounding". Remote sensing of the troposphere, Ch. 20, ed. V. Derr (1972).
- [5] Little, C.G.: "On the detectability of fog, cloud, rain and snow by acoustic echo-sounding methods". JAS 29 (1972), 748.
- [6] Dean Parry, H., Sanders, M.: "The design and operation of an acoustic radar". IEEE trans. on Geosc. electr., Vol. GE-10, no. 1 (1972).
- [7] Chadnick, R.B., Little, C.G.: "The comparison of sensitivities of atmospheric echo-sounders". Remote sensing of the environment 2 (1973), 223.
- [8] Bean, B.R., Frisch, A.S.: "Planetary boundary layer turbulence studies from acoustic echo sounder and in situ measurements". Boundary Layer Meteorology 4 (1973), 449.
- [9] Beran, D.W., Hooke, W.H., Clifford, S.F.: "Acoustic echo sounding techniques and their application to gravity wave, turbulence and stability studies". BLM 4 (1973), 133.
- [10] Mahoney, A.K., McAllister, L.G., Pollard, J.R.: "The remote sensing of wind velocity in the lower troposphere using an acoustic sounder". BLM 4 (1973), 155.
- [11] Tombach, I, MacCready, P.B., Baboolol, L.: "Use of an monostatic acoustic sounder in air pollution diffusion estimates". 2nd Joint conference on the sensing of environmental pollutants, Washington D.C. (1973).
- [12] Moncur, R.L., Shaw, N.: "Acoustic and high resolution radiosonde soundings of the lower atmosphere". Proc. Sc. Disc. CIMO VI (1973).

- [13] Marshall, J.M., Peterson, A.M., Barnes Jr., A.A.: "Combined radar-acoustic sounding system". J. Appl. Optics 11, 1 (1972), 108.
- [14] North, E.M., Peterson, A.M., Dean Parry, H.: "RASS, a remote sensing system for measuring low level temperature profiles". Bull. Am. Met. Soc. 54, 9 (1973), 912-921.
- [15] Richter, J.H. et al.: "New developments in FM-CW radar sounding". BLM 4 (1973), 179.
- [16] Tennekes, H.: "De menghoogte in Cabauw". Intern Memo MO-B 72-27 (1972).

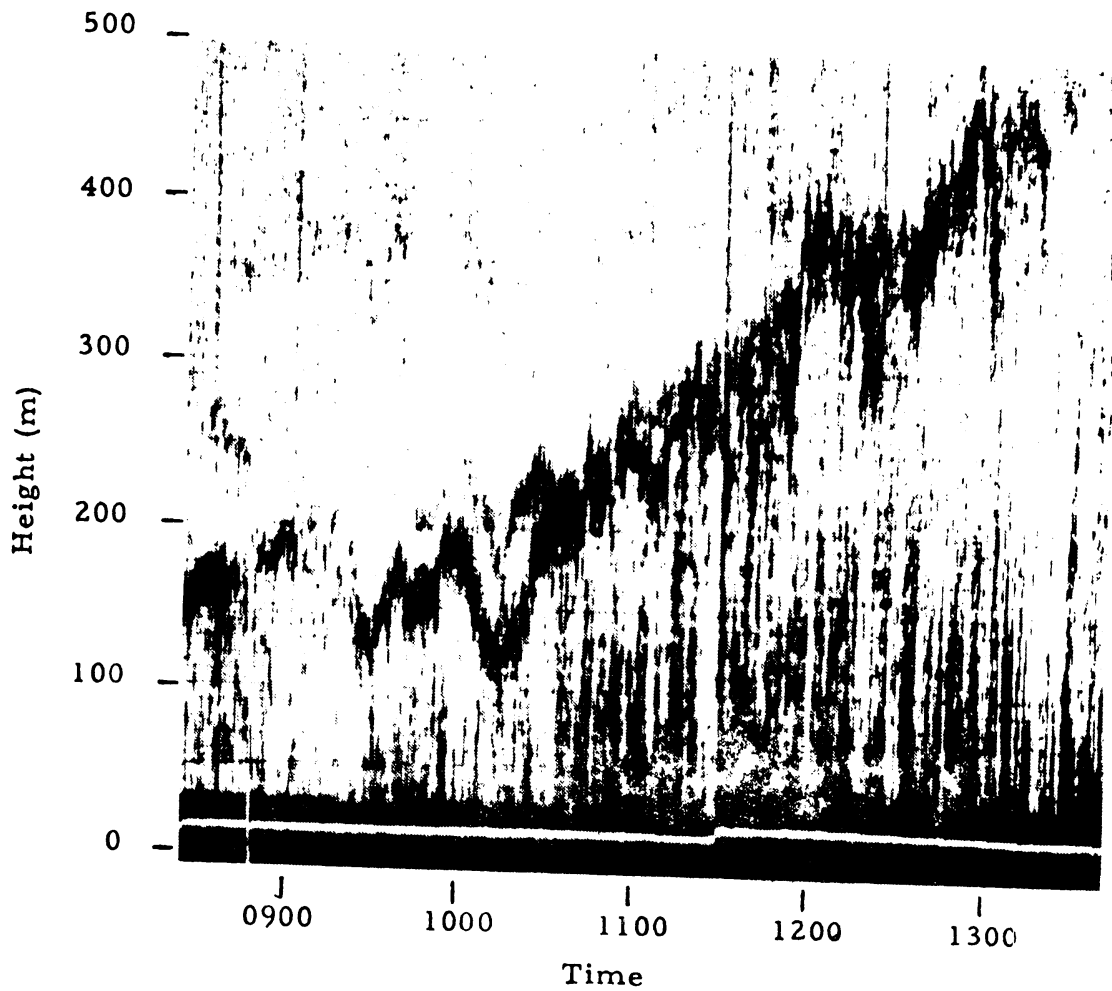


Figure 1 Record Taken at Pasadena, California, on 5 October 1973, showing the top of a fog layer becoming a stratus layer and then a stable turbulent layer which is driven aloft by surface heating.

Overgenomen uit ref. [11]

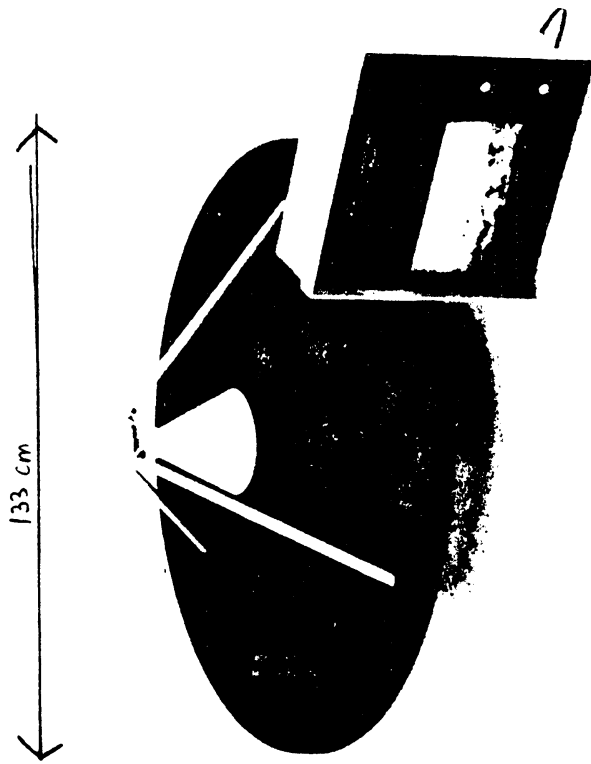


Figure 1. Monostatic Acoustic Sounder System

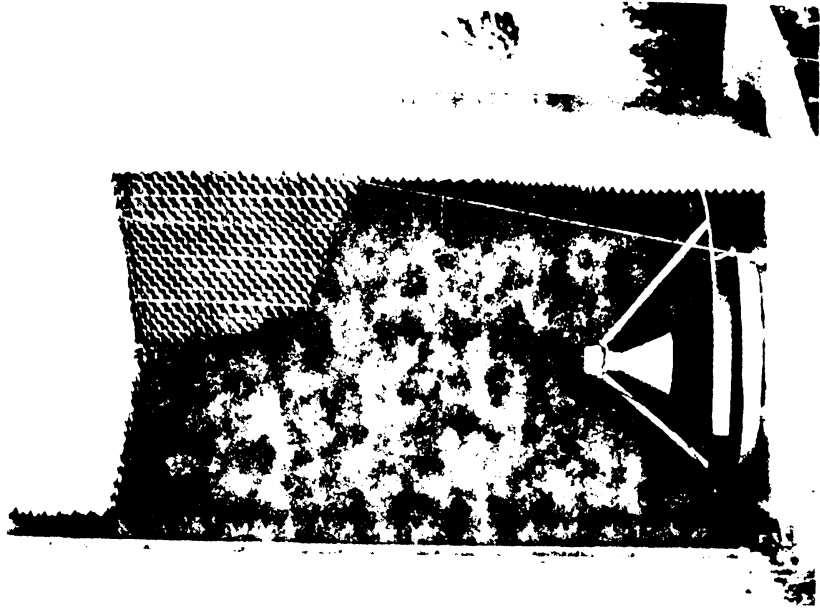
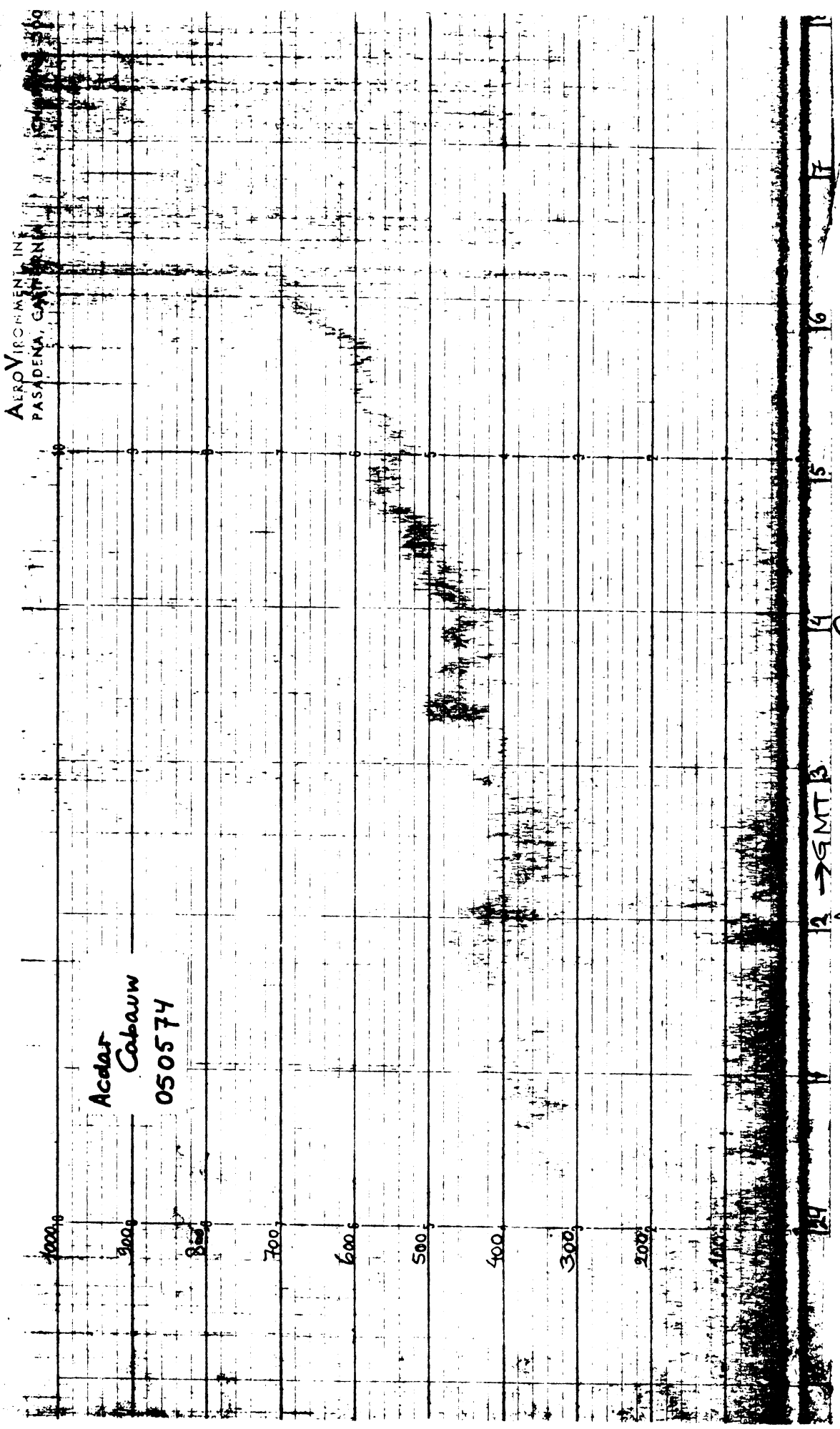


Figure 3. Acoustic Enclosure, with one of the five sides removed to show the antenna inside.

S=7 100ms



Acclar
Cabauw
050574

AEROVIRORMENT IN
PASADENA, CALIFORNIA

12 13 14 15 16

13 → GMT B

Figure 4. Acclar - registratie Cabauw 5-5-74

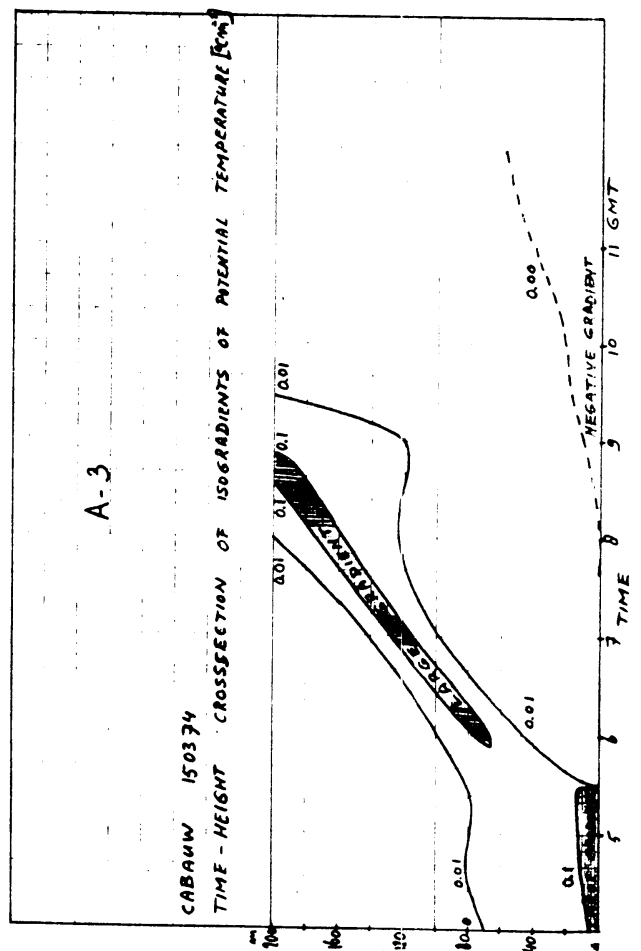
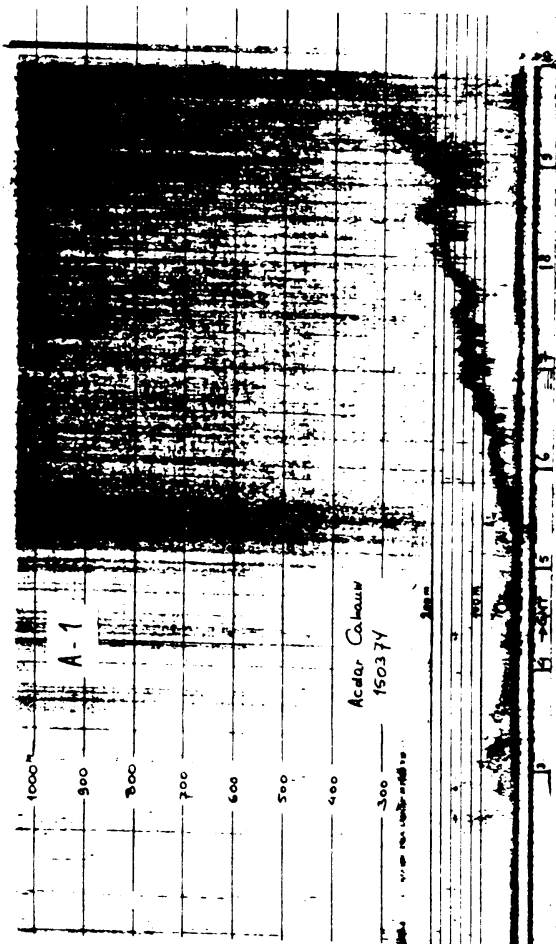
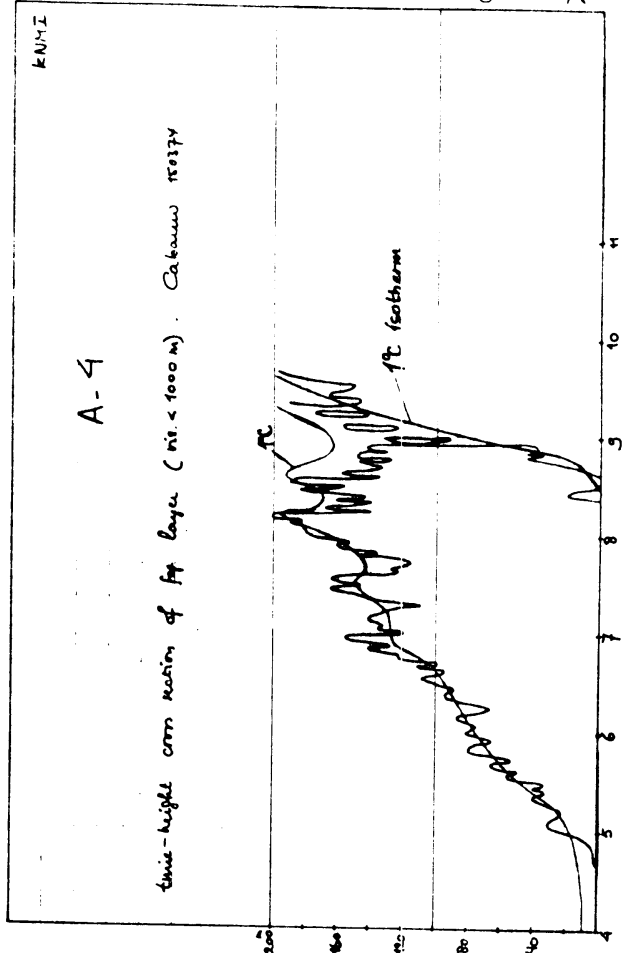
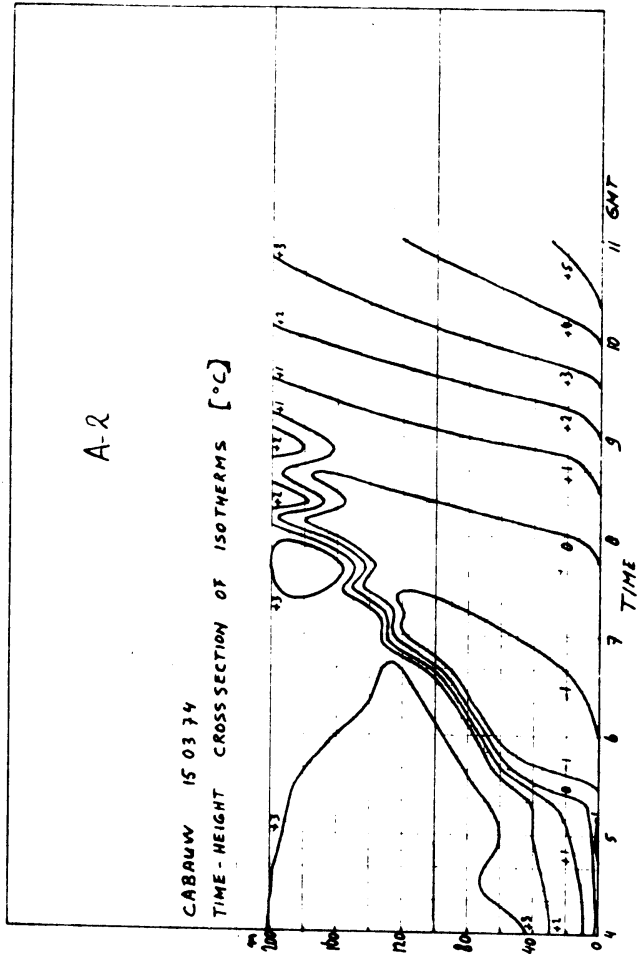
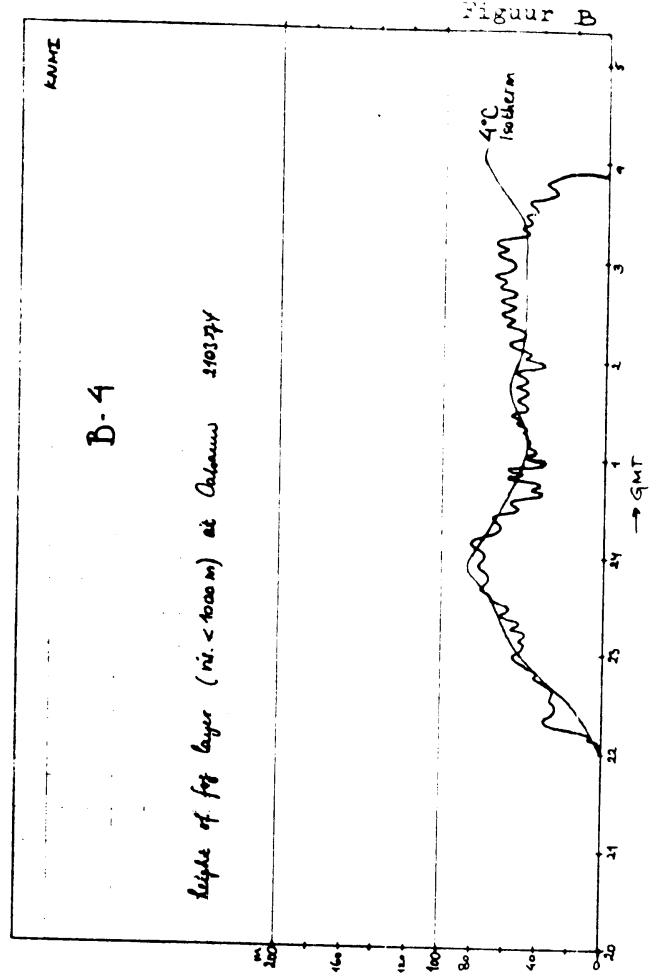
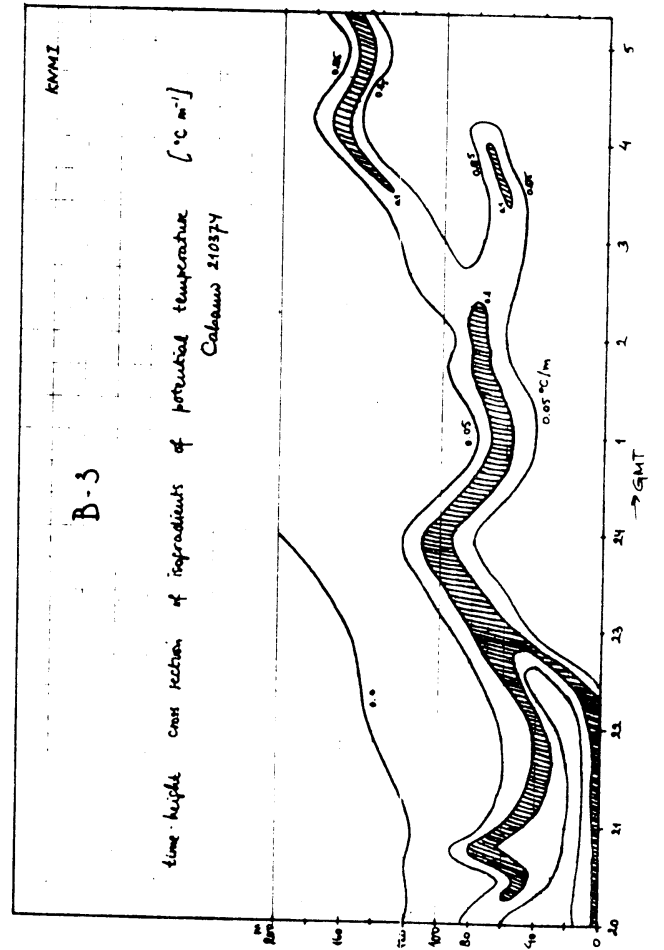
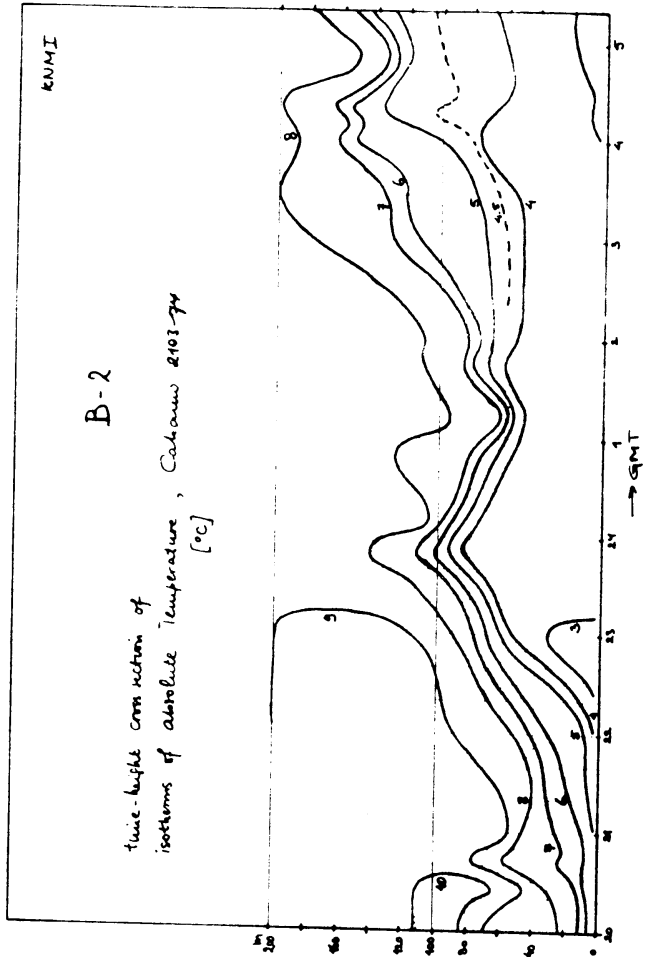
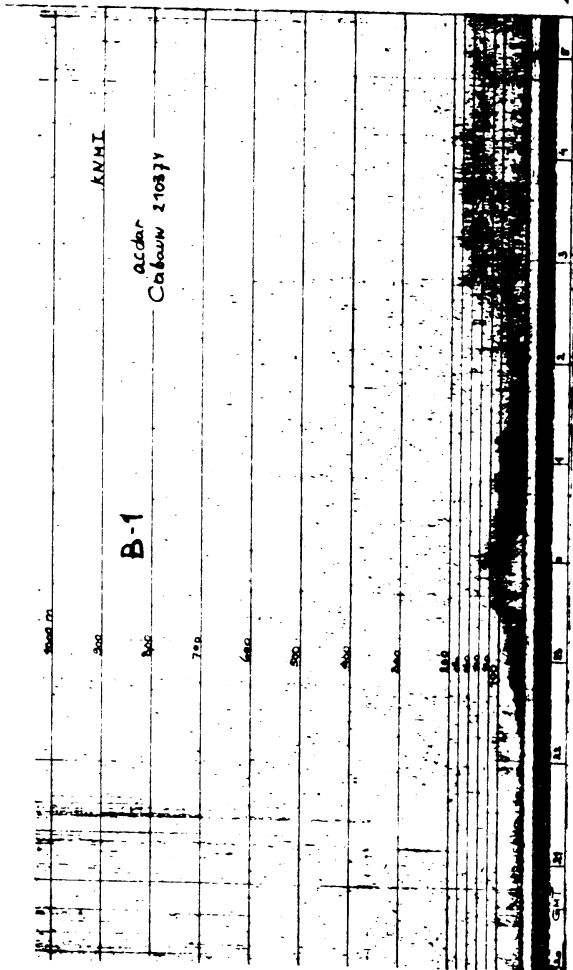


Figure A



Natuur B