

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

De Bilt

WETENSCHAPPELIJK RAPPORT

W.R. 76-6

F. Cannemeijer

Wind- en temperatuurprofielen gemeten
tijdens vliegtuiglandingen

De Bilt, 1976

Publikationsnummer: K.N.M.I. W.R. 76-6 (MO)

U.D.C.: 551.554 :
551.524.4 :
551.507.352

SUMMARY

This report deals with wind and temperature profiles obtained from the Airborne Integrated Data System (AIDS) of DC-10 and B-747 aircraft during the descent stage. These aircraft profiles are compared with profiles measured on a 200 m high meteorological tower. The descents were performed at Schiphol Airport, at a distance of approximately 40 km from the tower.

The introductory section deals with the variability (in time and space) of the wind, partly on the basis of measurements of the wind speed on three levels (200, 80 and 10 m) of the meteorological tower.

Sections 2 and 3 show the way in which the wind speed and direction and the temperature were measured during the descent of the aircraft.

The following sections describe the comparison of the wind and temperature profiles obtained from the AIDS with the half-hourly values measured on the meteorological tower.

In the discussion it is concluded that the wind speed and the wind direction as obtained from the AIDS appear to be reliable. The accuracy with which the wind speed is measured is estimated to be better than 1 m/s, while the wind direction can be measured with an accuracy better than 10° .

Comparison of the temperature profiles indicates that the AIDS gives temperatures accurate within 0.5°C .

Finally, some remarks and recommendations are made for the use of the AIDS-profiles in the study of the atmospheric boundary-layer and for the possible operational use of the profiles for the warning of marked temperature inversions and of the occurrence of wind shear.

INHOUD

	pag.
1. Inleiding.	1
2. Meting van wind en temperatuur tijdens de vlucht.	4
2.1 Windmeting.	4
2.2 Temperatuurmeting.	4
3. Wind- en temperatuurprofielen.	5
4. Vergelijking van AIDS-windprofielen met 200m-mast profielen.	6
4.1 Enkele windprofielen gemeten tijdens matige wind.	6
4.2 Windprofielen bepaald tijdens zeven landingen, uitgevoerd binnen vijf kwartier.	7
4.3 Twee windprofielen gemeten tijdens krachtige wind.	9
5. Temperatuurprofielen.	10
6. Discussie.	11
7. Opmerkingen en aanbevelingen.	12

Wind- en temperatuurprofielen gemeten tijdens vliegtuiglandingen

F. Cannemeijer

1. Inleiding

Sedert een aantal jaren beschikt de KLM aan boord van haar DC-10 en Boeing-747 vliegtuigen over apparatuur, welke tal van gegevens betreffende vliegtoestand (zoals hoogte, motorvermogen, verticale versnelling, koers, grondsnelheid, etc.) en meteorologische grootheden (wind, temperatuur, druk) op magneetband vastlegt, nl. het zgn. Airborne Integrated Data System (AIDS). Deze vastgelegde gegevens worden, indien een landing niet naar behoren verloopt, van de band afgelezen en uitgeprint. Bestudering van deze gegevens kan leiden tot begrip betreffende de oorzaken van het minder goede verloop van de desbetreffende landing. Met name wordt van deze mogelijkheid gebruikgemaakt bij de testvluchten van de DC-10 voor automatische landingen. De op de band opgeslagen gegevens van iedere landing worden circa twee weken bewaard. Alleen bij bijzondere omstandigheden worden de gegevens uitgeprint en aldus langer bewaard.

De vraag kan worden gesteld in hoeverre deze gegevens operationeel kunnen worden gebruikt ten behoeve van de eventuele melding van windschering (hoogte en grootte, [1]) en van temperatuurinversies (hoogte en sterkte, [2]). Bovendien kan bekeken worden in welke mate het KNMI eventueel van deze gegevens profijt kan trekken ten behoeve van reeds bestaande onderzoekingen en/of nieuw op te zetten onderzoek.

Alvorens deze vraag kan worden beantwoord, is het noodzakelijk de meteorologische relevantie van de gemeten parameters na te gaan. De KLM heeft hiertoe een aantal uitgeprinte series gegevens (vanaf 2000 ft = 600 m hoogte) ter beschikking van het KNMI gesteld. Dit verslag beschrijft een vergelijking tussen enerzijds de "AIDS-profielen" en anderzijds de profielen gemeten aan de 200m-mast te Cabauw en de uurlijkse waarnemingen te Schiphol.

Alvorens men windprofielen, verkregen met behulp van metingen aan een mast, wil gaan vergelijken met windprofielen, verkregen met behulp van de AIDS tijdens vliegtuiglandingen, dient men zich te realiseren dat de wind een variabel karakter heeft. Naast de gemiddelde luchtbeweging (t.o.v. het aardoppervlak) waarvan de grootte en richting worden beïnvloed door de tijd waarover wordt gemiddeld (bijv. een uurgemiddelde) zijn de luchtdeeltjes aan wervelende bewegingen onderhevig. De mate van voorkomen van zulke wervels is afhankelijk van de stabiliteit van de atmosfeer en van de windsnelheid. Deze zgn. turbulentie heeft tot gevolg dat de momentane wind aanzienlijk kan afwijken van bijv. de uurgemiddelde wind.

Om een idee te krijgen van de mate van variabiliteit van de wind kan men bijv. kijken naar de grootte van de standaardafwijking van bijv. de 2-minuten waarden waaruit een halfuur-gemiddelde is opgebouwd. Aan de 200m-mast te Cabauw worden op een aantal hoogten 2-minuten waarden gemeten. Uit een onderzoekje bleek dat op 200 m hoogte te Cabauw in de maanden maart en april 1975 tussen 12.00 en 12.30 GMT 33 gevallen voorkwamen waarbij de halfuurlijkse gemiddelde windsnelheid ≥ 5 m/s was (met een gemiddelde van 8.4 m/s). De gemiddelde standaardafwijking van de 2-minuten waarden bleek 0.7 m/s (± 0.3 m/s) te zijn. Dit houdt in dat 32% van de 2-minuten waarden een afwijking van 0.7 m/s of meer t.o.v. het halfuur-gemiddelde vertoonde. Voor een neutrale atmosfeer is tot een hoogte van 50 m de verhouding van standaardafwijking en gemiddelde windsnelheid (σ_u/\bar{u}) onafhankelijk van de windsnelheid [3]. Voor de betreffende 33 gevallen op 200 m hoogte bleek σ_u/\bar{u} een waarde van 0.09 (± 0.03) te bezitten. Op 80 m en op 10 m hoogte was σ_u/\bar{u} gelijk aan 0.10 (± 0.04) resp. 0.11 (± 0.03). Met andere woorden: gemiddeld genomen heeft 32% van de 2-minuten waarden een afwijking van 10% of meer t.o.v. het halfuur-gemiddelde.

Aangezien men met behulp van de AIDS momentane windsnelheden meet (seconde-waarden), zullen deze t.o.v. het halfuur-gemiddelde een nog grotere spreiding vertonen dan de 2-minuten waarden [4]. Bovendien moet men zich realiseren, dat de AIDS- en Cabauw-profielen op twee verschillende plaatsen, ongeveer 40 km van

elkaar verwijderd, worden gemeten. Cormier [4] geeft in zijn studie naar de variabiliteit van geïntegreerde grenslaagwinden (geïntegreerd over 0 tot 1000 ft hoogte) enige resultaten betreffende de ruimtelijke variabiliteit. Het bleek dat bij dag de spreiding van de windsnelheden relatief onafhankelijk was van de afstand (tot 50 km). Een set data gaf een standaardafwijking van 1.3 m/s (36% van de gemiddelde windsnelheid) voor afstanden tussen 8 en 50 km. Een andere set data verkregen op een andere plaats bleek een standaardafwijking op te leveren van 2.2 m/s (19% van de gemiddelde windsnelheid).

Het is uit het bovenstaande duidelijk, dat aan een vergelijking tussen de AIDS-profielen en de Cabauw-windprofielen in verband met het variabele karakter van de wind bezwaren kleven. Desondanks zal uit dit verslag duidelijk worden dat deze bezwaren een uitspraak betreffende de betrouwbaarheid van de AIDS-windprofielen niet in de weg behoeven te staan.

Voor een vergelijking van temperatuurprofielen is de situatie duidelijk gunstiger. De temperatuur is veel minder variabel in de tijd dan de windsnelheid. De spreiding van de 2-minuten waarden van de temperatuur ten opzichte van het halfuur-gemiddelde gemeten aan de 200m-mast te Cabauw in stationaire omstandigheden is slechts gering: de standaardafwijking bedraagt ongeveer 0.1° C.

2. Meting van wind en temperatuur tijdens de vlucht

2.1 Windmeting

De windvektor wordt bepaald uit de volgende grootheden: (zie fig. (1)).

1. True air speed (TAS). Dit is de snelheid van het vliegtuig t.o.v. de omringende lucht.
2. Angle of sideslip en in mindere mate de angle of attack. Deze worden bepaald door de hoek, die de langs-as van het vliegtuig maakt met de richting van de TAS.
3. Ground speed (GS). Dit is de snelheid van het vliegtuig t.o.v. de grond.
4. Drift angle (α). Dit is de hoek tussen de richting van de TAS en de richting van de GS.
5. True heading (β). Dit is de koers t.o.v. het ware noorden.

De laatste drie grootheden worden bepaald m.b.v. moderne Inertial Navigation Systems (INS).

De sideslip-angle en de attack-angle zijn voor een horizontale vlucht zonder bochten praktisch gelijk aan nul. De invloed van deze hoeken is bij een landing (daalhoek = 3° , dus praktisch horizontaal) op de te berekenen windvektor dan ook nihil.

M.a.w., de windvektor is in dat geval te bepalen uit TAS, GS, α en β . (Zie fig. (1)).

De nauwkeurigheid waarmee de windsnelheid en -richting kunnen worden bepaald is afhankelijk van de nauwkeurigheid waarmee deze vier grootheden kunnen worden bepaald. Volgens een recent GATE-rapport [5] is waarschijnlijk de onnauwkeurigheid in de TAS-meting de bepalende faktor. Een absolute nauwkeurigheid van ± 2 kts in de windsnelheid wordt genoemd als een redelijke schatting.

2.2 Temperatuurmeting

De voornaamste moeilijkheid verbonden met temperatuurmeting vanuit een vliegtuig wordt gevormd door de vliegtuigbeweging zelf. Indien een sensor geplaatst wordt in een snelle luchtstroom,

zal een evenwichtstemperatuur worden bereikt, die ligt tussen de omgevings (= statische) temperatuur en de zgn. "total temperature" (d.i. de temperatuur, die bereikt zou worden indien de luchtstroom isentropisch tot snelheid nul zou worden afgeremd). De bepaling van de omgevingstemperatuur is dus mede afhankelijk van de snelheid van het vliegtuig t.o.v. de omringende lucht (TAS). De temperatuur, die voorkomt op de computeruitvoer, is hiervoor gecorrigeerd en geeft de statische omgevingstemperatuur weer.

De in gebruik zijnde "total temperature probes" zijn Rosemount Pt-draad weerstand-thermometers. Deze zijn aerodynamisch zo geconstrueerd, dat eventueel aanwezige waterdruppeltjes niet op de Pt-draad terechtkomen.

Er zijn twee typen in gebruik: één type met een tijdconstante van 2 s en één met een tijdconstante van $\sim 2 \times 10^{-2}$ s.

De relatieve nauwkeurigheid in de verkregen temperatuur kan op $\pm 0.2^\circ \text{C}$ worden geschat (zie [5]).

3. Wind- en temperatuurprofielen

Beneden een hoogte van 2000 ft wordt iedere seconde een windsnelheid en windrichting berekend uit TAS, GS, drifthoek en true heading. De windsnelheid wordt uitgeprint, op hele knopen afgerond, en de windrichting op hele graden. Met een grondsnelheid van ongeveer 160 knopen en een dalhoek van 3° wordt de nadering van de landingsbaan uitgevoerd. Dit betekent een hoogteverschil van ongeveer 4 m (≈ 13 ft) en een vliegafstand van ~ 75 m tussen twee opeenvolgende windberekeningen. Men bedenke dat t.g.v. de geringe dalhoek en de grote snelheid het verticale profiel over een grote horizontale afstand wordt gemeten. De tijdsduur van een daling is, gerekend vanaf het moment van inzetten van de daling op 2000 ft, ongeveer 150 seconden. Dit houdt in dat het windprofiel van 0 tot 2000 ft hoogte gemeten wordt over een horizontale afstand van ± 12 km. De laatste 200 m hoogteverschil wordt doorlopen gedurende ± 60 seconden over een afstand van ± 5 km.

In de print-out wordt om de 4 seconden een temperatuur in hele graden Celsius gegeven, dus om de 16 m (≈ 55 ft) verticale afstand een waarde.

4. Vergelijking van AIDS-windprofielen met 200m-mast profielen

4.1 Enkele windprofielen gemeten tijdens matige wind

De figuren 2 t/m 5 geven de windsnelheid en windrichting weer als functie van de hoogte voor een 4-tal landingen. Aangezien de mast te Cabauw slechts tot 200 m reikt, zijn de profielen tot ongeveer 220 m getekend. De weergegeven punten zijn niet rechtstreeks vanuit de computer-uitvoer overgenomen. Om een rustiger profiel te verkrijgen, is een afvlakking toegepast, nl.: $\frac{1}{2}$ * de waarde behorend bij het betreffende niveau + $\frac{1}{4}$ * de waarde van het naastliggende hogere niveau + $\frac{1}{4}$ * de waarde van het naastliggende lagere niveau (zgn. hamming). De Cabauw-waarden die zijn ingetekend betreffen halfuur-gemiddelden, met standaarddeviaties van 2-minuut-gemiddelden t.o.v. het bijbehorend halfuur-gemiddelde.

De metingen op de hoogten 20, 40, 120 en 160 m te Cabauw zijn niet gebruikt voor windrichtingen tussen 270° en 030° vanwege het feit, dat op die niveaus slechts aan de ZO-kant van de mast wind wordt gemeten. In de figuren 2 t/m 5 zijn tevens de uurlijkse waarnemingen van de 10-minuut-gemiddelde wind van de meteorologische waarnemingspost op Schiphol (post 24) aangegeven.

De windsnelheden zoals gemeten tijdens deze vier landingen verschillen in het algemeen niet meer dan 2σ van de halfuur-gemiddelden van de Cabauw-profielen. Deze verschillen bedragen ten hoogste $1\frac{1}{2}$ m/s. De windrichtings-verschillen tussen de AIDS-profielen en de Cabauw-profielen zijn maximaal 3σ . Indien men zich realiseert dat de AIDS-profielen uit seconde-waarden van windrichting en windsnelheid bestaan, terwijl de Cabauw-waarden halfuur-gemiddelden zijn, kan men konkluderen dat de AIDS-profielen een betrouwbare indruk maken. De overeenkomst met de uurlijkse waarnemingen kan bevredigend worden genoemd.

4.2 Windprofielen bepaald tijdens zeven landingen, uitgevoerd binnen vijf kwartier

Figuur 6 toont een aantal AIDS-profielen verkregen tijdens een zevental landingen, die plaatsvonden op 15 april 1975 tussen 13.09 en 14.16 GMT op dezelfde baan (19 R).

De profielen tonen aan dat de wind nogal variabel moet zijn geweest. Dit wordt bevestigd door de Cabauw-metingen, die in de figuur als uurwaarde ± 1 standaarddeviatie zijn aangegeven.

De 2-minuten waarden van de twee halfuur-gemiddelden (13.00-13.30 GMT en 13.30-14.00 GMT) op 200 m hoogte hadden een standaardafwijking van 0.9 resp. 1.2 m/s. Bij vergelijking van deze waarden met de in par. 1 genoemde gemiddelde standaardafwijking van 0.7 m/s (± 0.3 m/s) voor 33 gevallen met $u \gg 5$ m/s in de maanden maart en april is het duidelijk dat hier sprake is van een wind met een meer dan gemiddelde variabiliteit.

Nog duidelijker is dat te zien bij vergelijking van de waarden van σ_u/\bar{u} voor 200 m, 80 m en 10 m hoogte met de gemiddelde waarden van σ_u/\bar{u} voor de maanden maart en april:

hoogte	gemiddelde σ_u/\bar{u}	σ_u/\bar{u} 13.00-13.30	σ_u/\bar{u} 13.30-14.00
200 m	0.09 \pm 0.03	0.13	0.19
80 m	0.10 \pm 0.04	0.19	0.26
10 m	0.11 \pm 0.03	0.17	0.23

Uit de tabel blijkt dat we kunnen spreken van een zeer variabele wind; kortom: niet de meest ideale toestand voor een profiel-vergelijking.

Terugkerend naar de AIDS-profielen: Behalve de uitschieter gemeten tijdens de landing van 13.53 GMT vertonen alle AIDS-profielen een verloop, dat het Cabauw-profiel ook aangeeft. Het 13.53 profiel is, gezien de variabiliteit (grote

standaarddeviatie van Cabauw-waarden) en het feit dat hier 5 s waarden worden vergeleken met uurgemiddelden, zeer wel mogelijk.

De AIDS- windrichtingprofielen vertonen een grote spreiding, variërend van 220° tot 270°. Gemiddeld gezien zijn de AIDS-windrichtingen geruimd ten opzichte van de Cabauw-windrichtingen.

Om een betere vergelijking met de Cabauw-waarden te verkrijgen, is uit de zeven AIDS-profielen een gemiddeld profiel berekend. In figuur 7 is dit gemiddelde profiel getekend. Voor enkele waarden (op ongeveer dezelfde hoogten als de Cabauw-meethoogten) zijn de standaarddeviaties van het gemiddelde profiel uitgezet. Het gemiddelde AIDS-profiel komt zeer goed met het Cabauw-profiel overeen: de verschillen in gemiddelde windsnelheid tussen beide profielen zijn maximaal 0.8 m/s. De gemiddelde windrichting is evenals de windrichting te Cabauw praktisch onafhankelijk van de hoogte. Er is echter een systematisch verschil tussen beide profielen van ongeveer 15°.

De oorzaak van het opgetreden verschil is synoptisch te verklaren. Analyse van de 12.00- en de 15.00 GMT grondkaart liet nl. zien dat tussen 14.00 en 16.00 GMT een koufront zich boven midden-Nederland bevond. Het bijbehorende drukpatroon gaf aan, dat zo'n 10 à 15° windrichtingsverschil tussen de Schiphol-omgeving en de Cabauw-omgeving zeer wel mogelijk moet zijn geweest. Deze weerssituatie zal ook de oorzaak van de hoge mate van variabiliteit van de windsnelheid zijn geweest.

Voor windsnelheden > 5 m/s kan tot 60 m hoogte het windprofiel worden beschreven m.b.v. het bekende logaritmische profiel:

$$u = \frac{u_*}{k} \ln \frac{z}{z_0}$$

waarin u = windsnelheid op hoogte z

u_* = wrijvingssnelheid

k = konstante van Von Karman

z = hoogte

z_0 = ruwheidsparameter.

In figuur 8 zijn de (per hoogte) gemiddelde AIDS-windsnelheden als functie van de logaritme van de hoogte uitgezet. Van ~ 8 m tot 90 m hoogte liggen de gemiddelde waarden zeer goed op een rechte lijn; de ruwheidsparameter, die hieruit volgt, is 45 ± 7 cm. Deze waarde is alleszins acceptabel, gezien de omgeving van Schiphol en de horizontale uitgestrektheid van het profiel.

4.3 Twee windprofielen gemeten tijdens krachtige wind

Tot een beperkte hoogte waren twee profielen beschikbaar, welke zijn gemeten tijdens een harde wind. In beide gevallen was de 10-minuten gemiddelde wind op 10 m hoogte gelijk aan ± 11 m/s. In figuur 9 worden deze gepresenteerd. Men ziet dat in deze gevallen verschillen t.o.v. de halfuur-gemiddelde Cabauw-profielen van maximaal 2 m/s voorkomen. Deze verschillen zijn acceptabel, aangezien zij liggen ruim binnen tweemaal de standaardafwijking, die de 2-minuten waarden vertonen met betrekking tot het halfuur-gemiddelde. De maximale windschering is, zoals uit de figuur blijkt, ongeveer 3 m/s per 10 m op een hoogte van 40 m resp. 25 m voor de beide landingen. Dat deze orde van grootte van kortdurende windschering kan voorkomen, blijkt uit het door Cannemeijer en Wieringa [6] gegeven nomogram voor operationele, kortdurende windschering-bepaling. Voor een 10-minuten gemiddelde wind van 11 m/s geeft dit nomogram een gemiddelde, kortdurende windschering van 5 m/s en een maximale windschering van 15 m/s over een laagdikte van 50 m (tussen 60 m en 10 m hoogte).

5. Temperatuurprofielen

De temperaturen staan in hele graden Celsius vermeld in de print-out. De temperatuurprofielen zoals getekend in de figuren 10 en 11 zijn verkregen door te bepalen tussen welke twee hoogten de temperatuur één graad verspringt. Bij de gemiddelde hoogte van deze twee hoogten werd de gemiddelde temperatuur (dus bij bijv. verspringen van 8° op 9° de waarde $8\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$) uitgezet.

Figuur 10 toont de serie van zeven temperatuurprofielen zoals die zijn verkregen uit de metingen tijdens de zeven landingen.

(waarvan vier landingen met gegevens vanaf 2200 ft, twee landingen vanaf 1000 ft en één landing vanaf 600 ft hoogte), die achtereenvolgens in vijf kwartier werden uitgevoerd. Men kan zien dat de niveaus behorend bij 7.5°C en 6.5°C nogal verschillen voor de verschillende landingen. Deze landingen echter werden uitgevoerd tijdens regen.

Naast 8/8 Ac op 6000 ft bestond de overige bewolking uit:

om 13.00 GMT: 1/8 Cu op 1000 ft, 1/8 Cb op 1500 ft;

om 14.00 GMT: 1/8 Cu op 1000 ft, 1/8 Cb op 1500 ft, 4/8 Sc op 3000 ft.

Uiteraard zal dit van invloed zijn geweest op het temperatuurprofiel, met name de bewolking met een basis op 1000 en 1500 ft hoogte.

De radiosonde, die om 12.00 GMT te De Bilt werd opgelaten, mat op \pm 2100 ft een temperatuur van 5°C (zie fig. 10). De AIDS-temperatuur tussen 2000 en 2200 ft hoogte was 5 à 6°C .

Het gemiddelde profiel vertoont een helling van ongeveer $-0.7^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, hetwelk een redelijk temperatuurverloop met de hoogte onder deze nat-adiabatische omstandigheden mag worden genoemd. De uurlijkse temperatuurmeting op de meteorologische meetpost op het vliegveld sluit redelijk aan bij het gemiddelde temperatuurprofiel zoals verkregen uit de AIDS-gegevens.

De profielen van figuur 11 komen aan de grond goed overeen (binnen 0.5°C) met de uurlijkse temperatuurmetingen op de meteorologische waarnemingspost. Ook deze profielen vertonen een redelijk temperatuurverloop met de hoogte ($-0.7^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ en $-0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$).

Helaas zijn ten gevolge van de weersomstandigheden (regen) de temperatuurprofielen gemeten aan de 200m-mast te Cabauw in twee van de drie gevallen, nl. op 15-4-75 en op 17-4-75, niet te gebruiken. Het Cabauw-profiel op 16-4-75 van 07.30 tot 08.00 GMT is een bruikbaar profiel; dit is getekend in figuur 11 bij het profiel zoals gemeten tijdens de landing. De twee profielen vertonen een zeer goede overeenstemming met elkaar. Het grootste verschil is 0.3°C !

Omdat vergelijking slechts mogelijk was in één geval, kan deze zeer goede overeenstemming toevallig zijn. Men zou hier metingen moeten vergelijken onder betere (droge) weersomstandigheden om te kunnen konkluderen hoe goed in het algemeen de temperatuurprofielen, verkregen m.b.v. de AIDS, zijn.

6. Discussie

Vergelijkingen van AIDS-windprofielen met windprofielen gemeten te Cabauw aan de 200m-mast roepen een aantal bezwaren op, t.w.

1. De variabiliteit van de wind (zoals beschreven in par. 1).
2. Het AIDS-windprofiel is opgebouwd uit ~ 5 -seconden waarden (~ 75 m horizontale middellingsafstand), terwijl het Cabauw-profiel uit 2-minuten waarden (500-1000 m horizontale middellingsafstand) is opgebouwd.
3. Het AIDS-profiel wordt t.g.v. de geringe daalhoek (3°) over een grote horizontale afstand gemeten (200 m hoogte over ongeveer 5 km afstand).
4. De grote afstand van het vliegtuig tot de 200m-mast. Deze bedraagt ongeveer 40 km bij landingen op baan 19 R.

Daartegenover staat het voordeel, dat voor de betrokken windrichtingen (ZW) de terreinen bovenwinds van de plaatsen waar gemeten wordt een praktisch identieke homogeniteit vertonen.

Met inachtneming van bovengenoemde bezwaren is uit de in dit verslag beschreven vergelijkingen van AIDS-windprofielen met de Cabauw-windprofielen gebleken, dat de windsnelheid en de windrichting gemeten m.b.v. de AIDS een betrouwbare indruk maken.

Aan de windsnelheid zoals verkregen door de AIDS-apparatuur kan een maximale onnauwkeurigheid van ongeveer 1 m/s worden toegekend. De gemeten windrichtingen komen alle binnen 15° overeen met de Cabauw-profielen.

Betreffende de temperatuurprofielen, die uit de AIDS verkregen werden, kan worden opgemerkt dat de kwaliteit daarvan zodanig is, dat de gemeten temperaturen geen grotere onnauwkeurigheid bezitten dan 0.5 °C.

7. Opmerkingen en aanbevelingen

- De goede overeenkomst tussen de AIDS-profielen en de Cabauw-profielen geeft aanleiding om op te merken dat tijdens de betrokken weersomstandigheden de metingen aan de 200m-mast te Cabauw representatief zijn voor de omgeving van Schiphol.
- Een nadeel van een AIDS-profiel is, dat het slechts een momentopname is. In ongeveer 150 seconden wordt een heel profiel opgemeten vanaf 2000 ft hoogte tot aan de grond. Dit nadeel geldt met name voor de windprofielen vanwege het variabele karakter van de wind. Voor temperatuurprofielen is dit nadeel veel geringer.
- Een voordeel van de profielen, die zijn verkregen m.b.v. de AIDS, kan zijn dat tot een hoogte van 2000 à 2200 ft de ontwikkeling in sterkte en in hoogte van bijv. een temperatuurinversie en een eventueel daarbijbehorende windschering kan worden bestudeerd.
- Een vereiste daarvoor is, dat men kan beschikken over een voldoende aantal profielen, zodanig in de tijd verspreid dat de betreffende inversie is te volgen. Dit hangt af van de landingsfrequentie en de landingstijdstippen van met AIDS uitgeruste vliegtuigen.

Volgens de KLM-dienstregeling 1975/76 is de landingsfrequentie van de DC-10 en B-747 vliegtuigen zodanig, dat in de volgende tijdvakken van iedere dag tenminste één landing plaats vindt:

05.30 - 06.00 GMT

06.00 - 06.30 GMT

06.30 - 07.00 GMT

07.00 - 09.15 GMT

09.15 - 11.00 GMT

Tussen 11.00 en 15.40 GMT vinden op routinebasis geen DC-10 en B-747 landingen plaats, tussen 15.40 en 19.05 GMT op vijf dagen per week één à twee landingen.

Naast deze geregelde diensten komen ook chartervluchten en lesvluchten voor. Van de laatste soort zijn de profielen, beschreven in par. 4.2, afkomstig.

- Het verdient aanbeveling de temperaturen in tienden van graden Celsius uit de AIDS te halen en niet op hele graden af te ronden.
- Het verdient aanbeveling wind- en temperatuurprofielen, gemeten te Cabauw tijdens dagen met een minder buiige wind (eventueel met een temperatuurinversie) te vergelijken met gelijktijdig gemeten AIDS-profielen.
- De ruimtelijke uitgestrektheid van een te Cabauw gemeten inversie kan m.b.v. de AIDS-profielen worden nagegaan.
- Bij een eventuele proefperiode van SODAR-apparatuur te Schiphol kunnen de profielen, verkregen met behulp van de AIDS, worden vergeleken met de gegevens verstrekt door de SODAR-apparatuur; men denke hierbij aan inversiehoogte en de mate van turbulentie.
- Het materiaal lijkt geschikt om als aanvullende gegevens te worden gebruikt bij het grenslaagonderzoek m.b.v. de 200m-mast. Met name zal dit het geval zijn bij eventuele uitgebreide meetdagen (met sonderingen etc.).
- Voor wat betreft de operationele bruikbaarheid van de AIDS-gegevens kan het volgende worden opgemerkt:
 - Reccommandatie 13/5 [2] beveelt het geven van informatie aan, indien een inversie optreedt waarbij een temperatuurverschil van tenminste 10 °C voorkomt in de onderste 300 m

van de atmosfeer. De daarbij vereiste nauwkeurigheid van $\pm 5^{\circ}\text{C}$ (!) kan voor de AIDS-apparatuur niet als probleem worden aangemerkt. Een temperatuurprofiel, gemeten m.b.v. de AIDS, is voldoende nauwkeurig om de informatie, welke wordt bedoeld in Recommandatie 13/5, te kunnen leveren. Een belangrijke vraag hierbij is echter: Hoe lang moet een waarschuwing, gebaseerd op een m.b.v. de AIDS gemeten temperatuurinversie, worden aangehouden? Een AIDS-profiel is, er is reeds op gewezen, niet meer dan een momentopname. Het is m.i. duidelijk dat informatie van de AIDS slechts goed tot haar recht komt, indien deze wordt aangevuld met gegevens over een langere periode van de 200m-mast en/of resultaten van een eventueel akoestisch sonderen van de atmosfeer (d.m.v. een SODAR) in de nabijheid van Schiphol.

Recommandatie 3/3 [1] houdt in, dat een waarschuwing gegeven moet worden, indien een verticale windschering van 10 kts/30 m of meer (voor Cat.II- en III-landingen wordt deze grens waarschijnlijk gereduceerd tot 5 kts/30 m) in de onderste 60 m van de atmosfeer optreedt.

In deze Recommandatie wordt een windschering bedoeld, welke gemiddeld is over tenminste twee minuten. Deze gemiddelde windschering is in het algemeen in de atmosfeer boven vlak terrein niet erg groot. Fichtl [7] laat zien dat voor een neutrale atmosfeer, een ruweheidslengte van 1 m en een hoogte van 50 m de gemiddelde windschering kleiner is dan 5 kts/30 m voor windsnelheden op 10 m hoogte tot maximaal 22 m/s.

Grotere waarden van gemiddelde windschering kunnen optreden onder stabiele omstandigheden, meestal gepaard gaande met temperatuurinversies.

De AIDS-windprofielen sec hebben een beperkte waarde voor operationele doeleinden, dit in verband met het feit dat deze slechts momentopnamen zijn. Evenals bij de AIDS-temperatuurprofielen komt de AIDS-informatie betreffende windsnelheid en windrichting pas goed tot haar recht, indien daarnaast continue informatie van eenvoudiger aard, bijv. van de 200m-mast en van akoestische sonderingen, wordt bestudeerd.

Onder turbulente omstandigheden kunnen de optredende, kortdurende windscheringen veel groter zijn. Indien een profiel op een bepaalde hoogte een grote windschering vertoont, zegt dit niets over de grootte van de windschering op dezelfde hoogte 10 minuten later (zie fig. 6). In dit soort gevallen is het raadzaam een model te gebruiken om maximale kortdurende windscheringen te schatten [6].

Literatuur

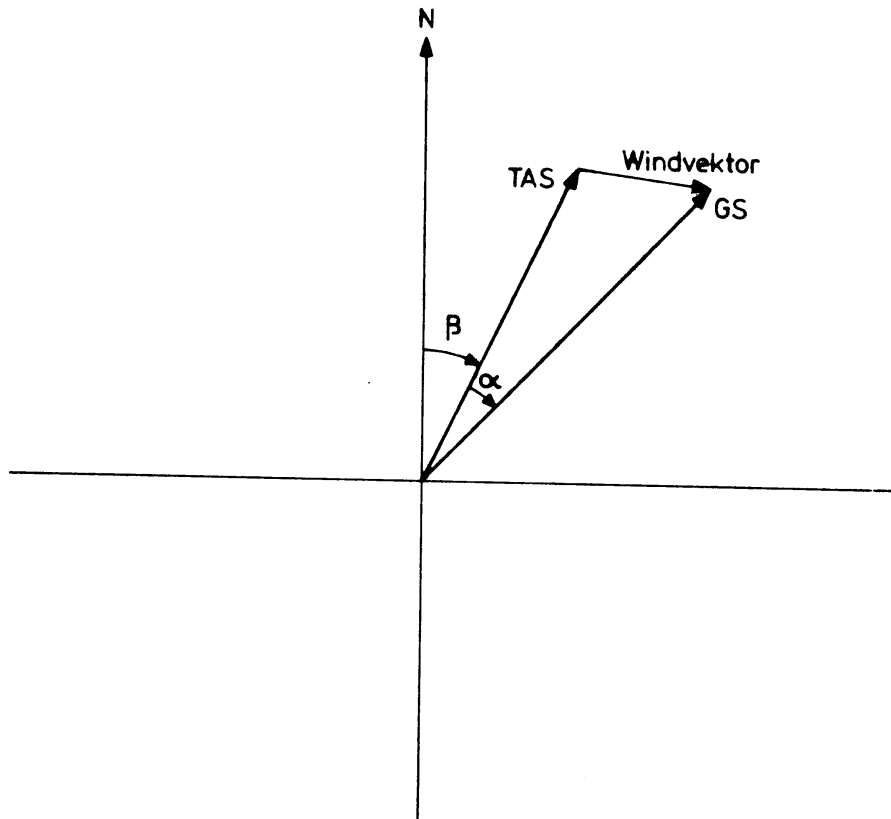
- 1 Recommendation 3/3, Eighth Air Navigation Conference, Montreal, 1974.
- 2 Recommendation 13/5, Eighth Air Navigation Conference, Montreal, 1974.
- 3 Wieringa, J. : Gust factors over open water and built-up country, Boundary-Layer Meteorol. 3 (1973), 424.
- 4 Cormier, R.V.: The horizontal variability of vertically integrated boundary-layer winds, J. Geophys. Res. 80 (1975), 3407.
- 5 Aircraft Plan for the GARP Atlantic Tropical Experiment, International Operations Plan, Part III. GATE report. Nr. 11 (1974)
- 6 Cannemeijer, F. and J. Wieringa: A model for estimating gustiness below 60 m, applied to the estimation of wind shear extremes, Working Paper No. 19, Eighth Air Navigation Conference, Montreal, 1974.
- 7 Fichtl, G.H. : Wind shear near the ground and aircraft operations, J. Aircraft 9 (1972), 765.

Tabel I

datum tijd hoogte	16/4	16/4	17/4	24/9	15/4/1975							23/9	27/10	gemiddeld + standaard- afwijking	standaard- afwijking in het gemiddelde	
	07.52	06.20	18.00	00.08	13.09	13.23	13.35	13.53	14.04	14.11	14.16	11.27	15.00			
A	200 m	-0.2	1.1	0.3	0.2	0.4	-1.1	4.0	2.0	0.1	0	-2.3	-	-	0.4 ± 1.6	0.5
	160 m	-	-	0.8	0.9	-1.7	-0.5	1.9	1.7	-0.2	-0.7	-2.0	-	-	0.0 ± 1.4	0.5
	120 m	-	-	0.2	0.6	0.5	0	0.5	2.1	0.1	-0.6	-1.1	-	-0.4	0.2 ± 0.9	0.3
	80 m	-1.1	2.5	1.7	0.2	0.2	0.2	-0.7	3.4	0.7	0.5	0.5	0.4	1.4	0.8 ± 1.2	0.3
	40 m	-	-	1.2	-0.1	1.1	0.2	-1.2	2.8	0.7	0.1	-0.4	-0.7	-2.1	0.1 ± 1.3	0.4
	20 m	-	-	0.6	-0.3	0.4	0.4	-1.1	2.7	0.6	0.4	-0.8	1.8	2.5	0.7 ± 1.2	0.4
	10 m	-1.1	1.5	1.5	-0.5	-	-0.1	-1.3	-	0.5	0.3	-0.6	1.2	0	0.1 ± 1.0	0.3
B	200 m	5	-3	-1	4	3	18	25	32	23	19	4	-	-	12 ± 12	4
	80 m	8	12	7	1	-6	4	9	31	21	19	19	-	-	11 ± 10	3
	10 m	10	3	10	3	-	1	-9	-	27	21	21	-	-	10 ± 12	4

A : Verschillen tussen de gemiddelde windsnelheden te Cabauw en de AIDS-windsnelheden in m/s.

B : Verschillen tussen de gemiddelde windrichtingen te Cabauw en de AIDS-windrichtingen in graden.



TAS = True airspeed
 GS = Groundspeed
 α = Drift angle
 β = True heading

Fig. 1 Vektordiagram ter bepaling van de windsnelheid en windrichting.

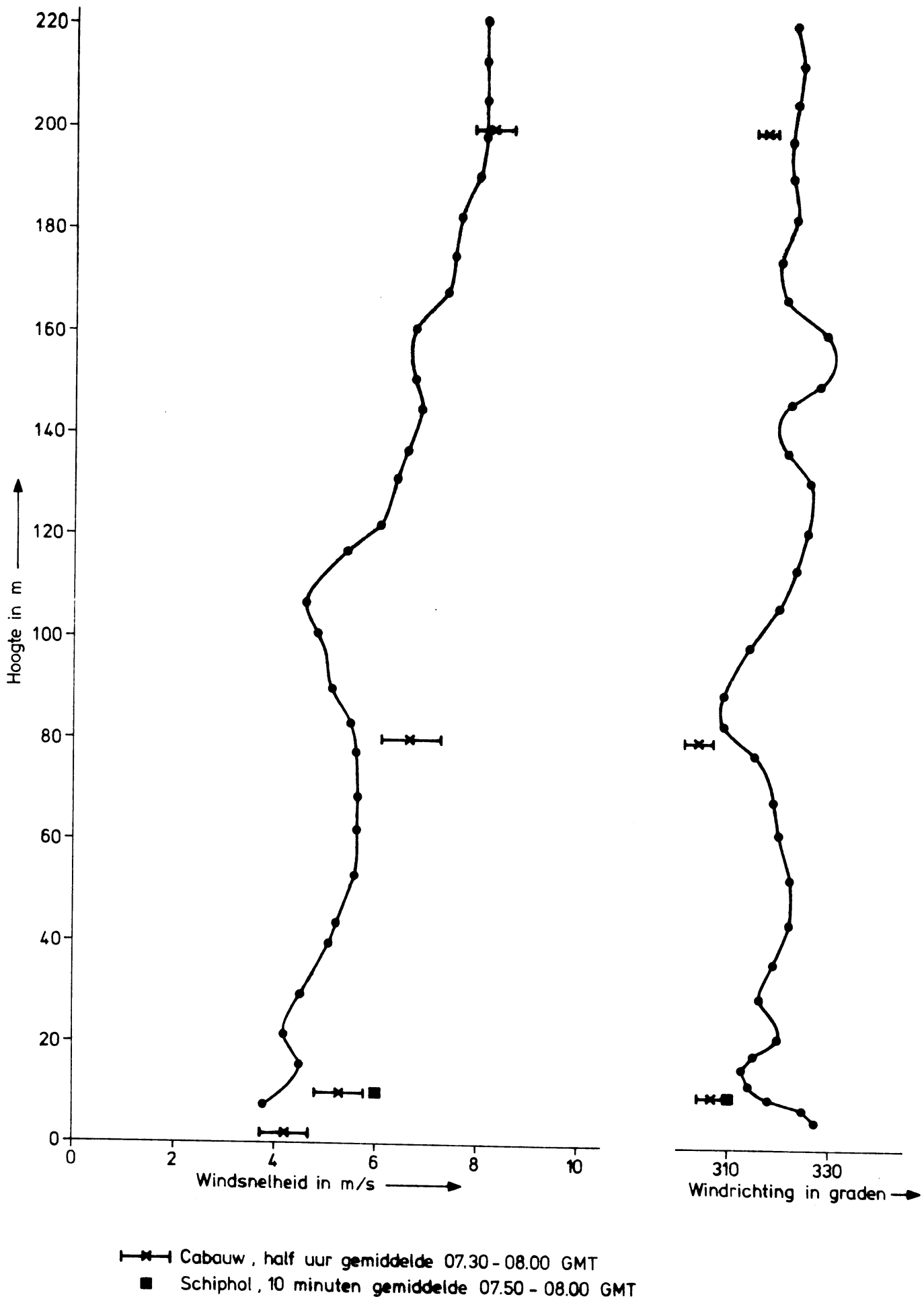
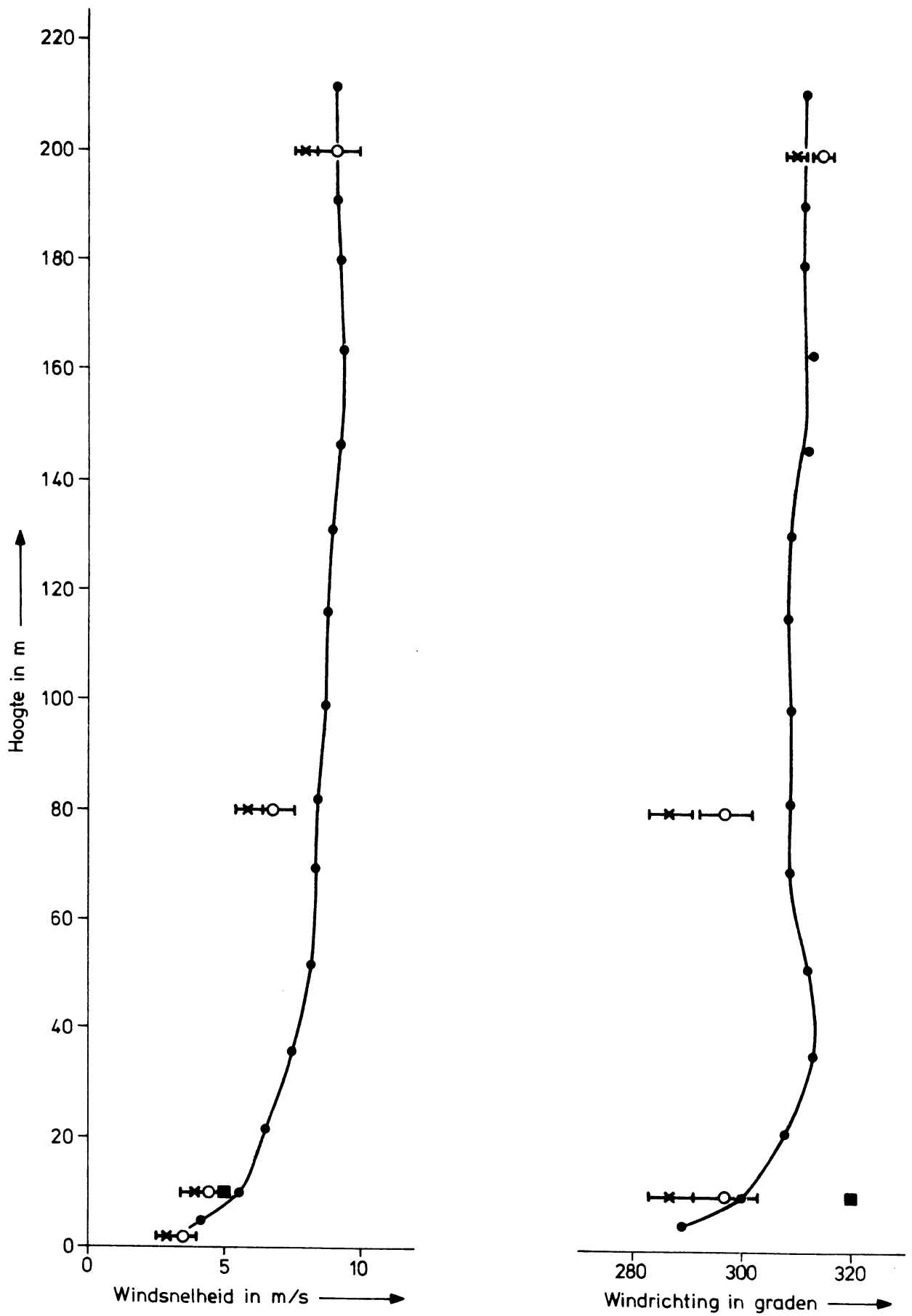
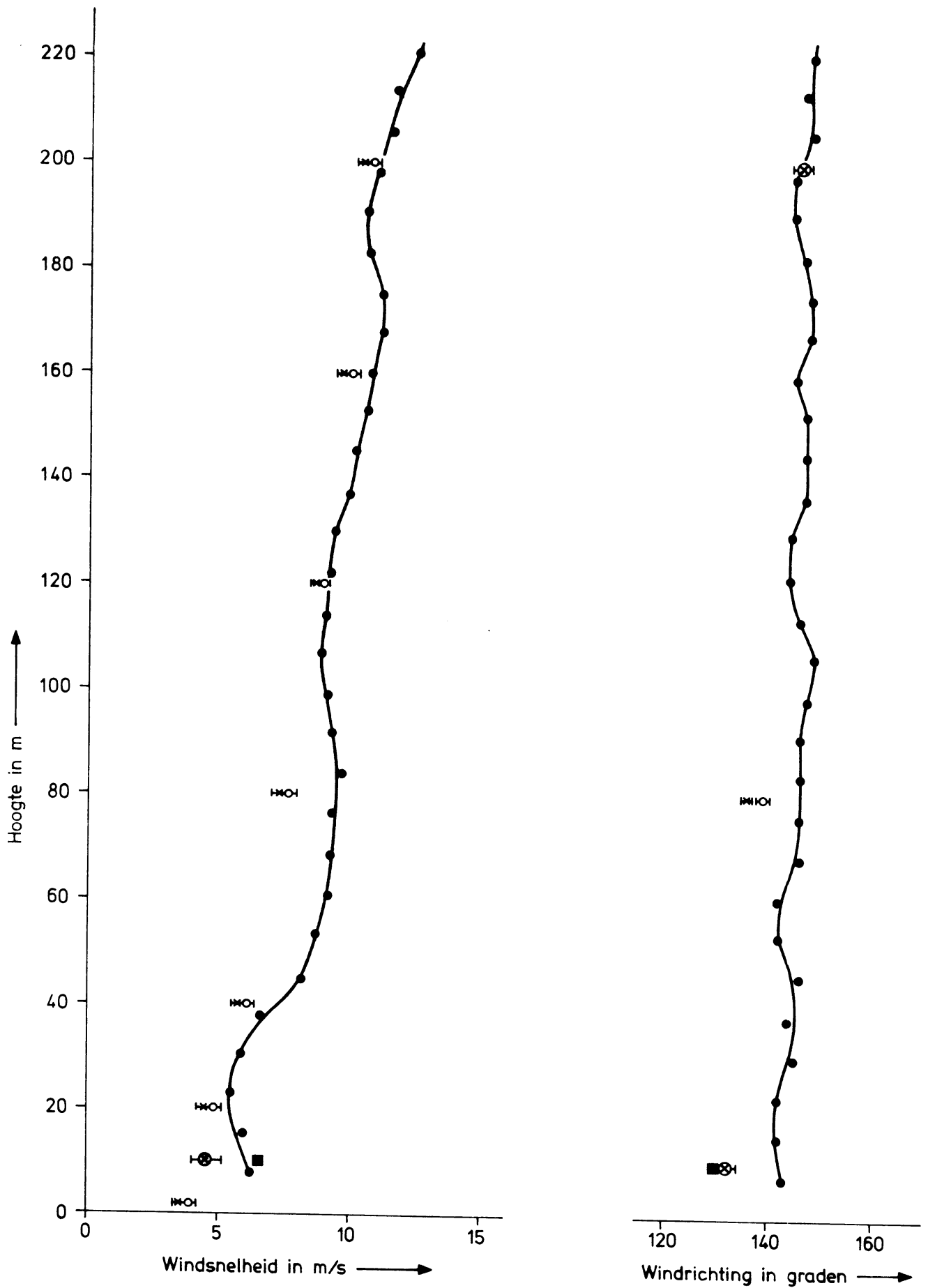


Fig. 2 Windsnelheid en windrichting gemeten tijdens een daling op 16-4-1975 om 07.52 GMT (touch-down tijd).



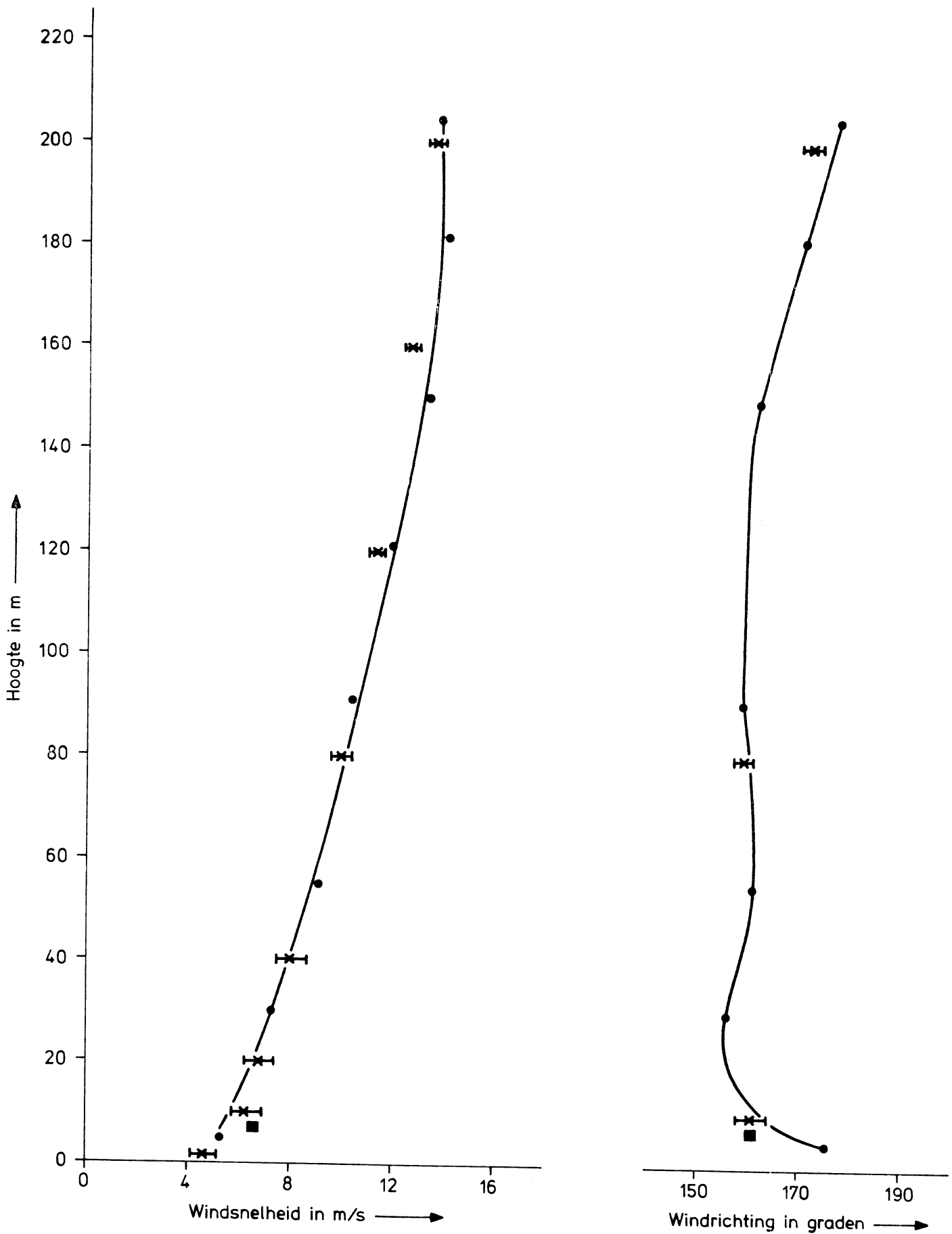
- x— Cabauw , half uur gemiddelde 06.00 - 06.30 GMT
- o— Cabauw , half uur gemiddelde 06.30 - 07.00 GMT
- Schiphol , 10 minuten gemiddelde 06.50 - 07.00 GMT

Fig. 3 Windsnelheid en windrichting gemeten tijdens een daling op 16-4-1975 om 06.20 GMT (touch-down tijd).



- x— Cabauw , half uur gemiddelde 17.30 - 18.00 GMT
- o— Cabauw , half uur gemiddelde 18.00 - 18.30 GMT
- Schiphol , 10 minuten gemiddelde 17.50 - 18.00 GMT

Fig. 4 Windsnelheid en windrichting gemeten tijdens een daling op 17-4-1975 om 18.00 GMT (touch-down tijd).



—x— Cabauw , half uur gemiddelde 00.00 - 00.30 GMT
 ■ Schiphol , 10 minuten gemiddelde 23.50 - 24.00 GMT

Fig. 5 Windsnelheid en windrichting gemeten tijdens een daling op 24-9-1974 om 00.08 GMT (touch-down tijd).

Cabauw 13.00 - 14.00 GMT, uurgemiddelde
 Schiphol, 10 minuten gemiddelde 12.50 - 13.00 GMT
 Schiphol, 10 minuten gemiddelde 13.50 - 14.00 GMT

I □ ■

- 13.09 GMT
- ▲ 13.23 GMT
- 13.35 GMT
- △ 13.53 GMT
- + 14.04 GMT
- x 14.11 GMT
- 14.16 GMT

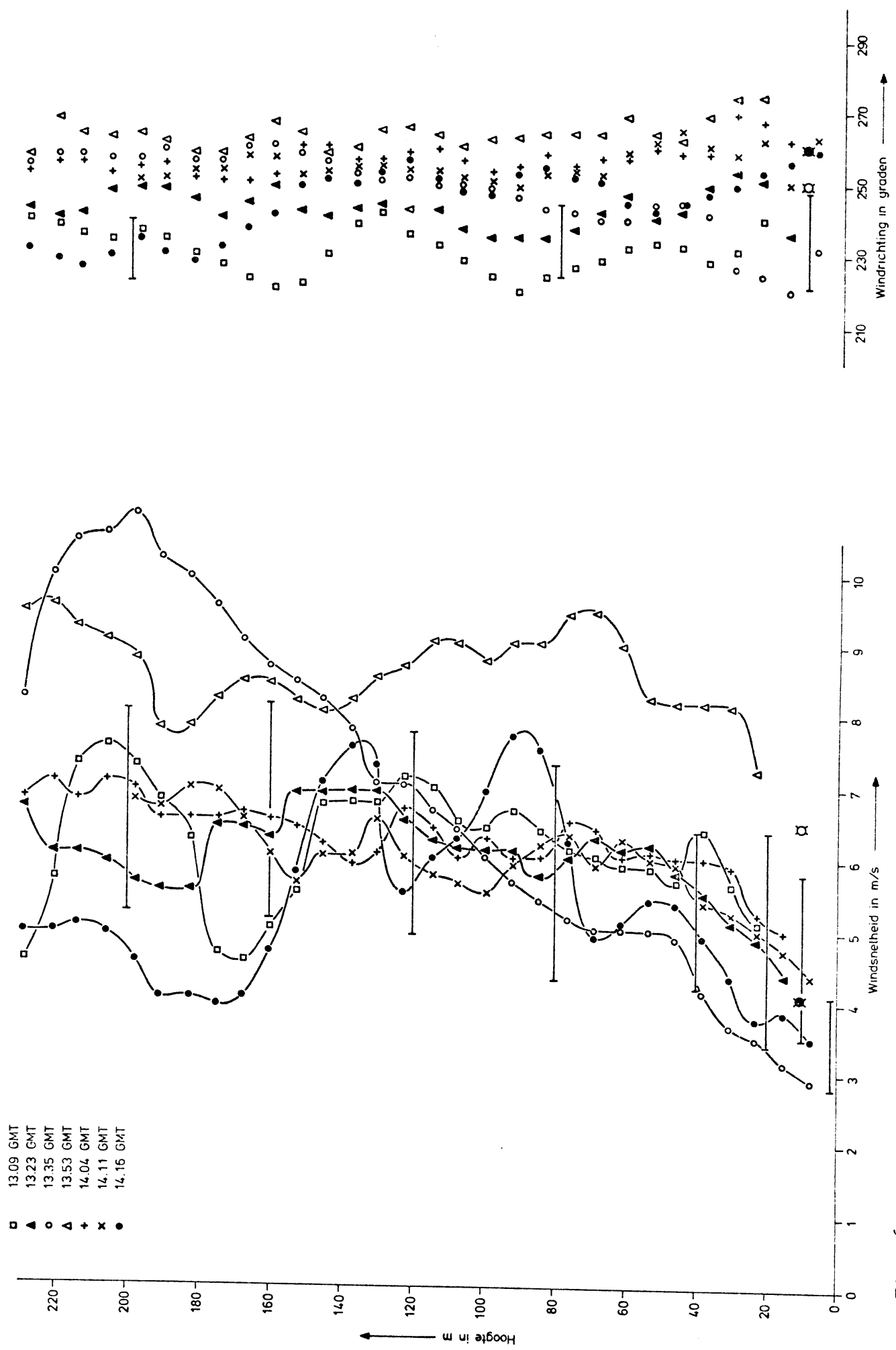
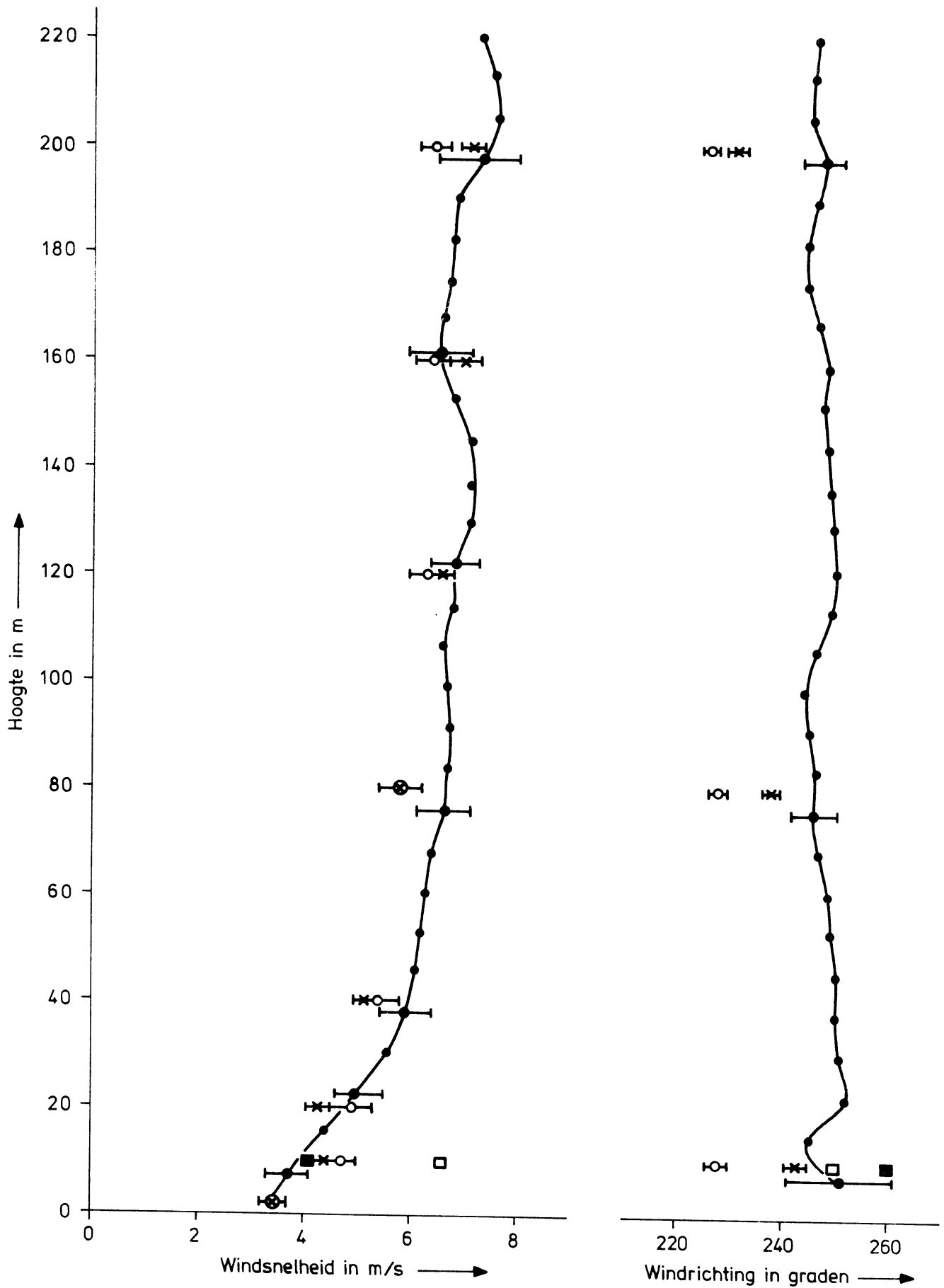


Fig. 6 Windsnelheid en windrichting gemeten tijdens zeven achtereenvolgende landingen op 15-4-1975.



- ✕ Cabauw , half uur gemiddelde 13.00 - 13.30 GMT
- Cabauw , half uur gemiddelde 13.30 - 14.00 GMT
- Schiphol , 10 minuten gemiddelde 12.50 - 13.00 GMT
- Schiphol , 10 minuten gemiddelde 13.50 - 14.00 GMT

Fig. 7 Gemiddelde windsnelheid en windrichting verkregen uit de zeven profielen van Fig. 6.

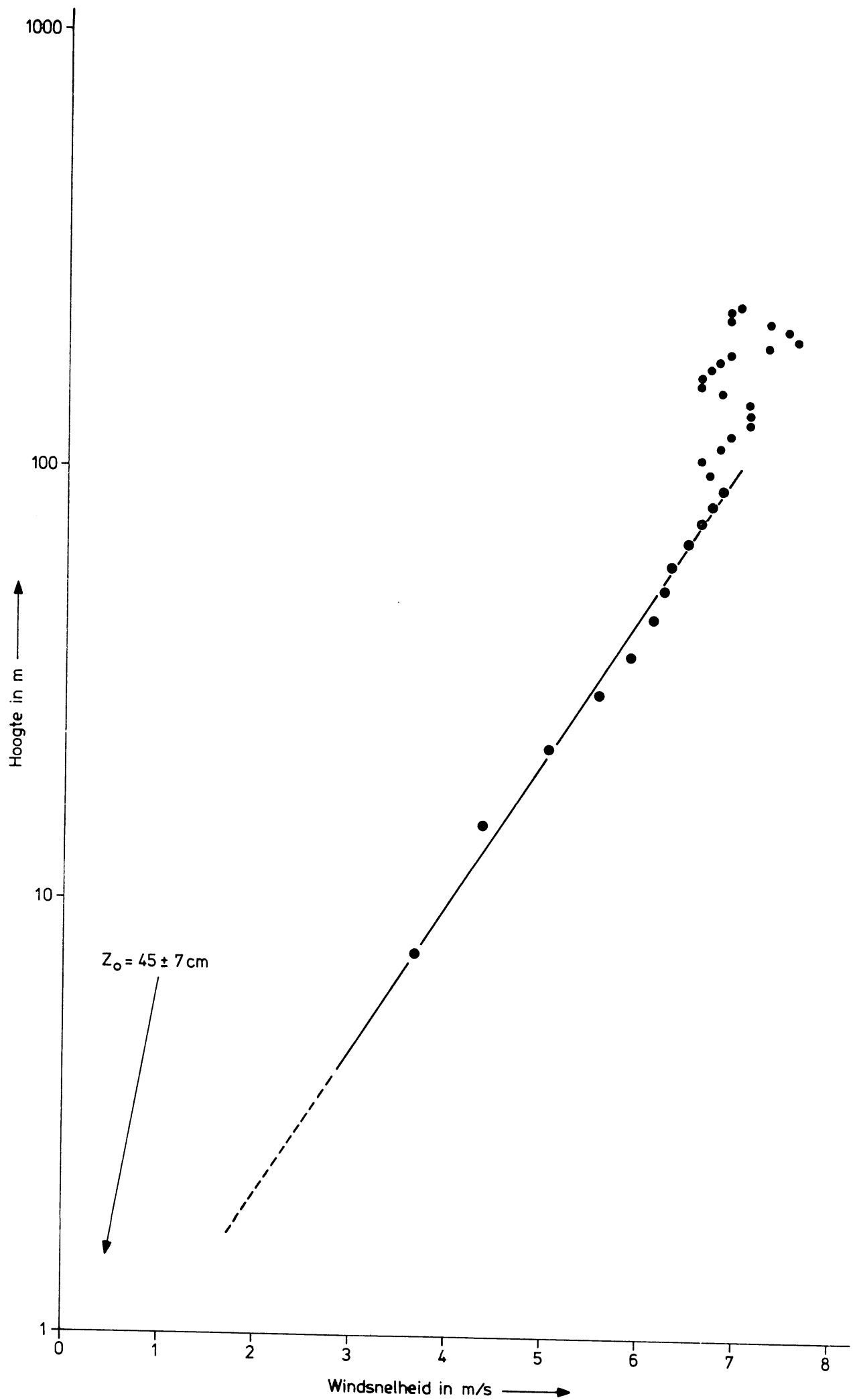


Fig. 8 Gemiddelde windsnelheid verkregen uit de zeven profielen van Fig. 6 uitgezet tegen de logaritme van de hoogte.

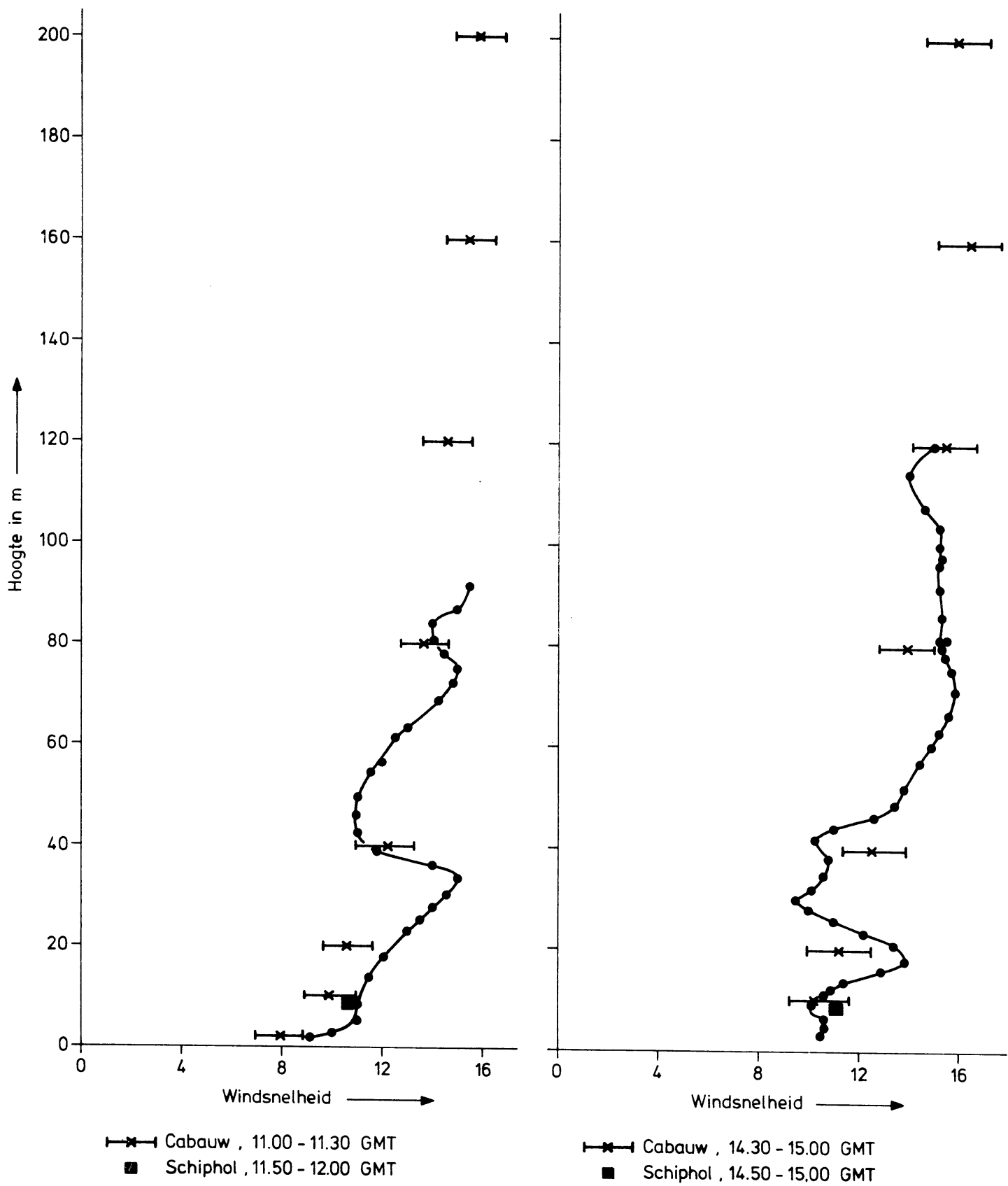
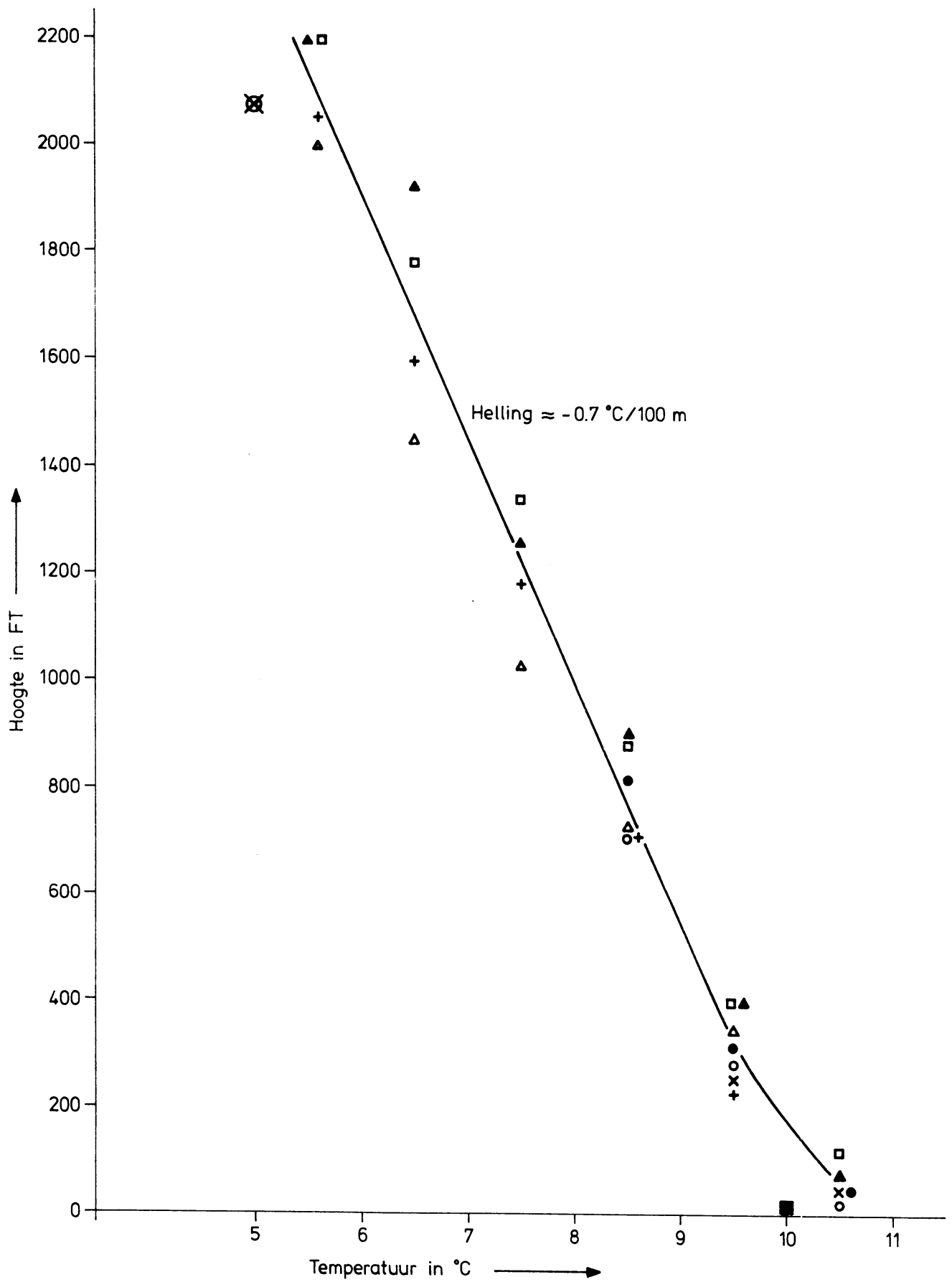


Fig. 9 Windsnelheid gemeten tijdens dalingen op 23-9-1974 om 11.27 GMT (linker profiel) en op 27-10-1974 om 15.00 GMT (rechter profiel).



■ Schiphol , uurlijkse meting 13.00 en 14.00 GMT
 ⊗ De Bilt , radiosonde meting 12.00 GMT

Fig. 10 Temperaturen gemeten tijdens de zeven achtereenvolgende dalingen op 15-4-1975. N.B. De hoogteschaal is in voeten.

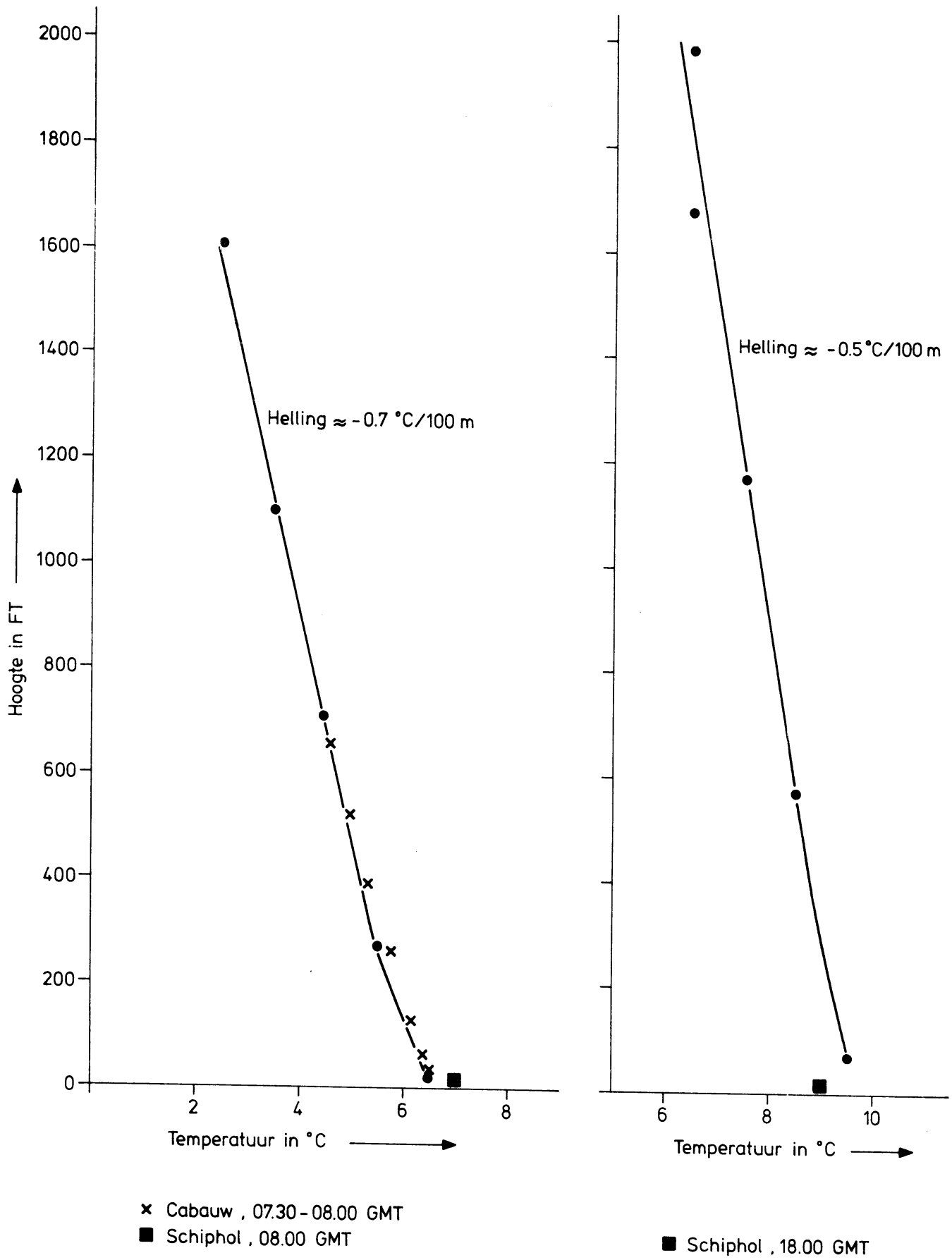


Fig. 11 Temperaturen gemeten tijdens dalingen op 16-4-1975 om 07.52 GMT (linker profiel) en op 17-4-1975 om 18.00 GMT (rechter profiel). N.B. De hoogteschaal is in voeten.