

Een fraaie buienwolk

In de avond van vrijdag 15 juni 1979 ontwikkelde zich boven het noordelijk deel van de Gelderse Vallei een bijzonder fraaie buienwolk (Cumulonimbus). Dat een dergelijk verschijnsel niet onopgemerkt blijft, blijkt uit het feit dat velen naar hun fotoestel grepen.

De hier getoonde foto's, in totaal 4 stuks, zijn gemaakt door de auteurs. Dat we van elkaars waarnemingen te horen kregen kwam door het gelukkige toeval dat we alle drie op hetzelfde instituut (K.N.M.I.) werken. De foto's zijn genomen vanuit verschillende plaatsen, nl. Vinkeveen, Utrecht en De Bilt. Figuur 1 (a en b) laat twee afbeeldingen zien die gemaakt zijn te Utrecht (west). De wolk werd hier waargenomen in noordoostelijke richting. De linker foto is om 21^h19^m M.E.Z.T. uur gemaakt, de tweede 8 minuten later. De ontwikkeling van het aambeeld is bijzonder duidelijk te zien. De afbeelding van fig. 1c (links onder) is omstreeks 21.30 uur genomen te Vinkeveen, kijkend in oostelijke richting. Telefonische navraag met iemand uit Hilversum bracht aan het licht dat ook daar de buienwolk nog in oostelijke richting werd waargenomen. Naar de hoek met de top te oordelen zou de wolk zich ongeveer boven Baarn bevinden. De derde waarnemer fotografeerde de buienwolk te De Bilt (fig. 1d). Hij was het dichtst bij de wolk en op zijn foto is dan ook de meeste structuur te zien.

Figuur 2 laat zien waar de bui lag. De positie is bepaald door de richtingen, waarin de waarnemers de bui zagen, te kruisen. De bui lag boven de Eempolder, in de buurt van Nijkerk.

Ontstaan van buienwolk

In Nederland zijn buienwolken met aambeeld erg vaak aanwezig. Toch lijkt zo'n fraaie vorm als de huidige vrij zeldzaam te zijn. De vraag rijst hoe dit komt. Hiertoe verdiepen we ons enigszins in het mechanisme dat tot de vorming van dit soort wolken leidt.

Het prille begin van een buienwolk bestaat uit een luchtbel die door de een of andere oorzaak iets warmer is dan de lucht in de omgeving. De dichtheid van deze bel is dus kleiner en daardoor begint hij in de atmos-



1a



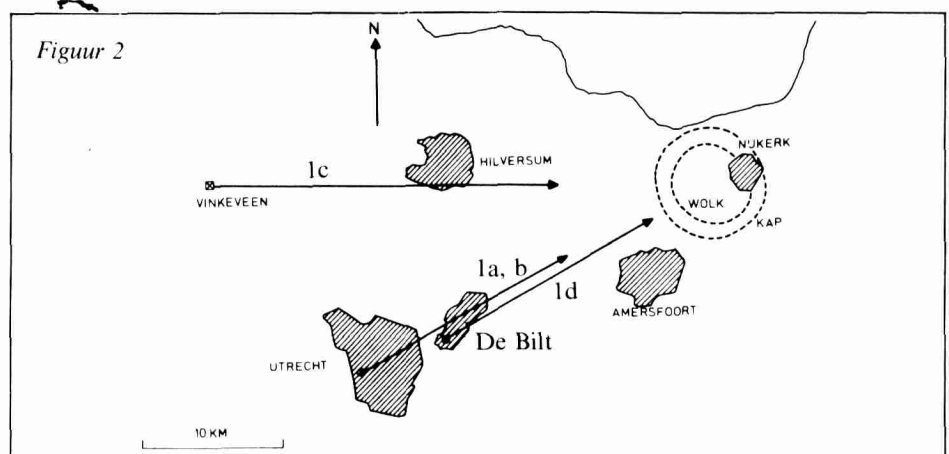
1b



1c



1d

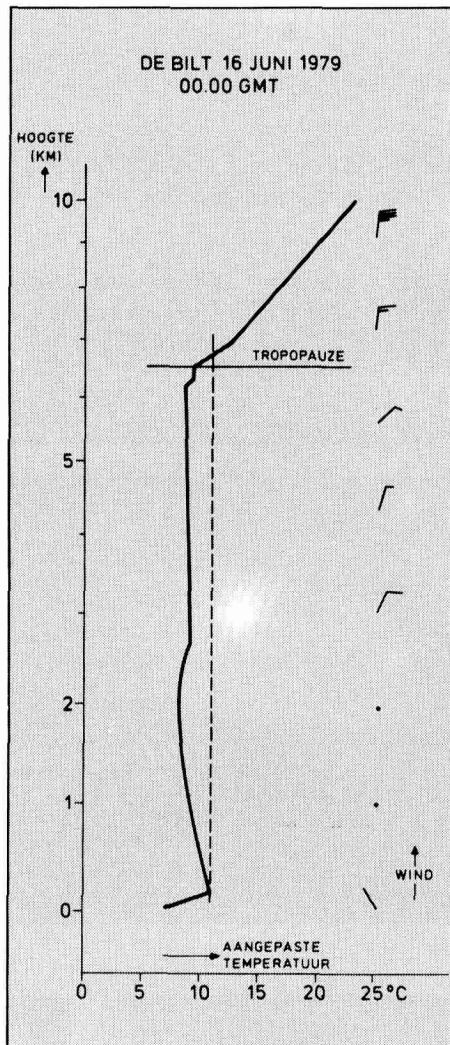


feer op te stijgen. Gedurende het opstijgen koelt de lucht in de bel af tengevolge van de drukvermindering (zgn. *adiabatische expansie*). Als dit ver genoeg doorgaat begint er condensatie op te treden en worden er wolken druppeltjes gevormd. De hierbij vrijkomende condensatiewarmte compenseert voor een deel de afkoeling t.g.v. de drukvermindering. Waar het nu in wezen om gaat is hoe ver een dergelijke luchtbel op kan stijgen. Dit hangt van een aantal factoren af. Eén ding staat vast: de bel zal slechts blijven stijgen als hij lichter is dan zijn omgeving, d.w.z. als hij een hogere temperatuur heeft. Als bijvoorbeeld de omgevingstemperatuur constant is met de hoogte, zal hij niet ver komen; door de afkoeling weegt de bel spoedig meer dan de lucht in de omgeving en zal hij niet meer kunnen stijgen.

In deze omstandigheden spreken we van een *zeer stabiele* atmosfeer. Aan de andere kant kunnen we ons de situatie indenken waarbij de omgevingstemperatuur zo snel met de hoogte afneemt, dat de bel ondanks z'n eigen afkoeling warmer blijft dan de omgeving. In dit geval spreken we van een onstabiele atmosfeer: de bel is altijd warmer dan zijn omgeving en kan maar doorstijgen tot dat . . . ja tot waar?

Gezien het voorgaande moet de bel, wil het opstijgen ooit stoppen, in een relatief warme omgeving terecht komen. Nu is er in de atmosfeer boven een hoogte van meestal 10 km zo'n relatief warme laag aanwezig. De hoogte waar de overgang plaatsvindt heet de *tropopauze*. Bellen die daar aankomen worden plotseling geconfronteerd met een veel hogere omgevingstemperatuur en beëindigen het opstijgen. Als de overgang scherp is, stoten ze letterlijk hun hoofd en spreiden ze zich uit langs de tropopauze. Dit is precies wat in het huidige geval op zo'n spectaculaire wijze is gebeurd! De bel is met kracht tegen de tropopauze gestoten, die blijkbaar bijzonder scherp was en zich bovendien op een relatief laag niveau bevond.

Om dit te illustreren beschouwen we fig. 3, waarin de temperatuursopbouw van de atmosfeer (omgevingslucht in dit verband) is weergegeven. De gegevens zijn afkomstig van de weerballon, opgelaten door het KNMI om middernacht, dus slechts enkele uren na onze waarnemingen. Langs de verticale as staat de hoogte uitgezet; langs de horizontale as een *aangepaste* temperatuur (voor de kenners: de potentiële natte boltemperatuur). Aangepast wil hier zeggen dat het effect van adiabatische expansie en



Figuur 3

vrijkomende condensatiewarmte er zodanig in verwerkt is, dat een luchtbel (verzadigd met waterdamp) die opstijgt in het plaatje recht omhoog beweegt. De stippellijn geeft een voorbeeld. Zolang de aangepaste temperatuur van de luchtbel hoger is dan die van de omgeving (doorgetrokken lijn in fig. 3), stijgt hij. Zodra echter de bel even warm wordt als de omgeving, *dus zodra de twee lijnen elkaar snijden*, houdt het stijgen op en spreidt de wolk zich uit. De fraaie aambeeldvorm ontstaat doordat de temperatuur onderhand zo laag is dat de wolk vrijwel geheel uit ijskristallen bestaat. Dit is herkenbaar aan de vage, vezelige structuur van het aambeeld (zie ook de voorplaat). De lagere, warmere delen van de wolk bestaan

geheel of gedeels uit waterdruppeltjes en hebben scherpere rondere vormen. Uit de figuur zien we dat het aambeeld op 7 km hoogte gevormd is. Het precieze snijpunt hangt natuurlijk af van de begintemperatuur, maar ook al is die wat hoger of lager, de luchtbel komt tot stilstand rond een hoogte van 7 km. Dit is, vooral voor de tijd van het jaar, erg laag. We spreken van een lage tropopauze.

Met het bovenstaande is de theorie van de buienvorming nog lang niet samengevat, want de vorming van ijskristalletjes en het ontstaan van relatief warme luchtbellens onder in de atmosfeer spelen een grote rol in deze theorie. Maar we kunnen nu wel begrijpen waarom de buienwolk aan de bovenzijde zo'n fraai aambeeld vertoont.

Een zeldzaamheid?

De vraag rijst of we hier met een zeldzaam verschijnsel te doen hebben. De vorming van een mooie kap zal ongetwijfeld met de scherpe tropopauze samenhangen. Een scherpe tropopauze komt echter vaak voor, meestal in de polaire lucht die achter een koufront West-Europa binnenstroomt. De perfecte symmetrie van de buienwolk vindt zijn oorsprong in de zwakke winden die vanaf de grond tot aan de tropopauze heersen (ingetekend in fig. 3). Meestal is het zo dat de wind sterk met de hoogte toeneemt en daarbij ook nog van richting verandert. Hierdoor worden buien sterk vervormd. Vaak wordt het aambeeld gewoon van de bui afgeblazen! De waarnemingen van de buienwolk waren verder zo mooi omdat de wolk sterk geïsoleerd was. Andere stapelwolken waren ver verwijderd, zodat van grote afstand een vrije blik op de wolk mogelijk was.

De scherpte van de tropopauze, de geringe verandering van de wind met de hoogte en de afwezigheid van andere bewolking werken op de bewuste avond perfect samen. Waarschijnlijk gebeurt dit niet vaak. Als men echter met een iets minder mooie buienwolk genoegen neemt, zijn er gelegenheden genoeg. De beste situaties treden op in de polaire lucht achter een koufront. Als er 'toevallig' aan het eind van de middag een rug van hoge luchtdruk uit het westen nadert neemt de instabiliteit af, waardoor vele stapelwolken inzakken en oplossen. In zo'n geval kunnen alleen de allergrootsten nog 'doorschieten' tot de tropopauze. Dit gebeurt dan soms in voorkeursgebieden, zoals de Utrechtse Heuvelrug.

Klimatologische gegevens van augustus (De Bilt)

jaar	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	normaal	hoogst	jaar	laagst	jaar	sedert
T	17,0	17,1	15,5	17,8	16,3	19,9	18,0	16,1	15,3	15,5	16,8	19,9	1975	14,0	1956	1735
RR	25	40	59	65	79	42	15	97	41	57	88	221	1912	9	1944	1849
S	221	164	171	181	157	215	252	129	157	156	186	313	1947	110	1963	1899

T = gemiddelde temperatuur in gr. C
 RR = hoeveelheid neerslag in millimeters
 S = hoeveelheid zonneschijn in uren
 normaal = gemiddelde over de periode 1931 tot en met 1960
 alle getallen gelden voor het tijdvak 0-24 uur (U.T.)