

Storingen in koude lucht

Volgens de klassieke theorie van luchtsoorten en fronten ontwikkelen oceaanstoringen zich aan het grensvlak van twee verschillende luchtsoorten. Aan de zuidkant zit warme, vochtige, subtropische lucht en aan de noordzijde bevindt zich drogere, van noordelijke breedten afkomstige, koude, polaire lucht. Dit grensvlak ligt onder ideale omstandigheden als een soort ring rond de polen en wordt het polaire front genoemd. In polaire lucht kan veel activiteit optreden die buiten de klassieke kaders valt, waaronder actieve storingen in de koude lucht op enige afstand van het polaire front. Enkele Europese weerdiensten hebben deze storingen nader omschreven.

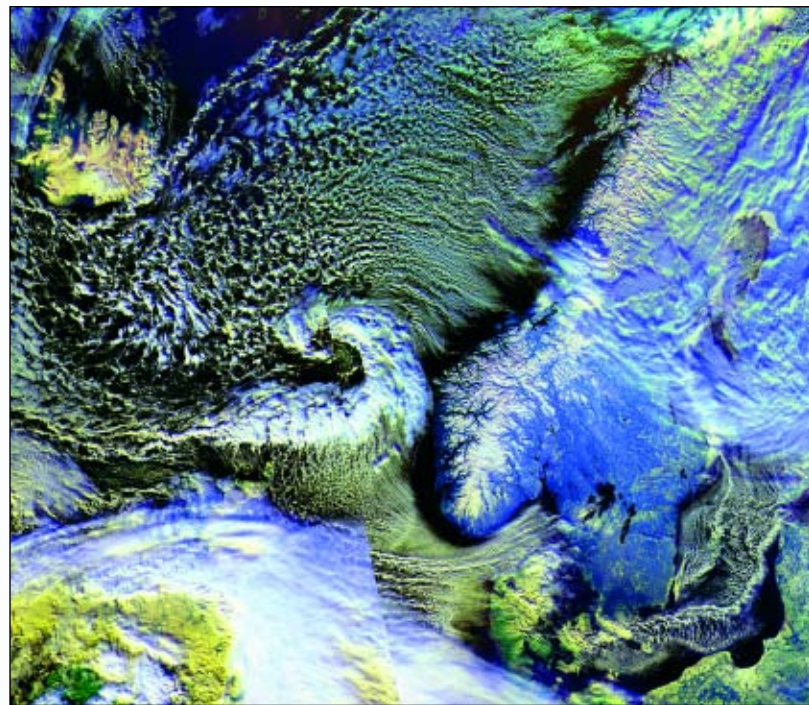
De polaire-fronttheorie werd in de periode kort na de Eerste Wereldoorlog ontwikkeld aan de universiteit van Bergen in Noorwegen. De groep die toen en in de jaren twintig van de afgelopen eeuw aan deze theorievorming werkte, staat bekend als de Noorse School. De onderzoekers van de Noorse School werkten met modelvoorstellingen van depressies, warmtefronten, koufronten, oclusies en golfvormige storingen. Deze zogeheten conceptuele modellen worden in de meteorologie en daarbuiten vandaag de dag nog steeds gebruikt.

Pas veel later bleek dat niet alleen aan het polaire front storingen tot ontwikkeling komen; ook in de koude lucht aan de noordzijde, op enige afstand van het polaire front, doen zich actieve storingen voor. De scheepvaart in het betrokken gebied werd ermee geconfronteerd en vaak erdoor verrast. Met de komst van weersatellieten konden aanwezigheid, vorm, ontwikkeling en frequentie van optreden van dergelijke storingen gedetailleerder in kaart worden gebracht. Om deze en andere verschijnselen in de atmosfeer onder te brengen in een algemenere theorie over weersystemen, moest het aantal conceptuele modellen waarmee de weerdiensten werken, worden uitgebreid. De uitbreiding omvat onder meer storingen in koude lucht, zoals *doorontwikkelde stapelwolken* (*enhanced cumulus, EC*), *komma's* (*comma*), *depressievorming in koude lucht* (*cold air development, CAD*), *'instant oclusies'* en *'polar lows'*. We laten hier enkele voorbeelden zien van dergelijke weersystemen, maar bespreken eerst hoe de koude lucht er op satellietbeelden uitziet als er geen storingen aanwezig zijn.

Storingsvrije koude lucht

Wanneer koude lucht vanaf het land over relatief warm zeewater uitstroomt, ontstaat er gewoonlijk een karakteristieke opeenvolging van bewolgingspatronen. Vlak langs de kust is er eerst een strook boven zee waarin het onbewolkt is. Als de lucht enige tijd boven het oceaanoever heeft vertoefd, vormen zich wolkenstraten of koordwolken (lit. 1) die min of meer evenwijdig aan de luchtstroming georiënteerd zijn. Dergelijke wolkenstraten zijn onder meer te zien in figuur 1 (voor de Noorse kust en

boven het Skagerrak en de Noordzee). Heeft de opwarming van onderen af wat langer geduurd, dan volgt een gebied met open cellen (lit. 2). Zo'n patroon met open cellen is in figuur 1 duidelijk zichtbaar aan weerszijden van de later te bespreken storing voor de kust van Zuid-Noorwegen. Het bewolgingspatroon in de lucht die nog weer langer onderweg is, bestaat uit gesloten cellen; deze zijn in figuur 1 bijvoorbeeld aanwezig boven het zeegebied ten noordoosten van IJsland. In alle gevallen is de verticale ontwikkeling van de bewolking beperkt. Dat komt doordat de maritieme grenslaag aan de bovenzijde vaak wordt 'afgedekt' door een inversie, die het doorstijgen van de wolken toppen naar grotere hoogte belemmert. De kans dat er een buienwolk voorkomt, is bij open cellen groter dan bij gesloten cellen of bij wolkenstraten. Van buienclusters is echter meestal geen sprake, laat staan van storingen.



1. Satellietbeeld van 4 februari 2001. Koude lucht stroomt via Scandinavië uit over de Noorse Zee tussen IJsland en Noorwegen. Boven zee is het aanvankelijk onbewolkt, maar op enige afstand uit de kust ontstaan zogeheten wolkenstraten of koordwolken. Het patroon met wolkenstraten gaat meer naar het westen, meer stroomafwaarts dus, over in een celvormig wolkenpatroon. Voor de kust van Zuid-Noorwegen bevindt zich een depressie-in-koude-lucht. Voor de figuur zijn, net als bij fig. 2 en 3, gegevens gebruikt van opeenvolgende overkomsten van de satelliet. Tussen opeenvolgende banen zit een tijdsverschil van ruim 100 minuten; daardoor sluiten de bewolgingspatronen niet altijd naadloos aan en kan de belichting enigszins afwijken. Satelliet: NOAA 16; instrument: AVHRR; kanalen: 1, 2 en 4. (Beeldbewerking: Freie Universität, Berlijn, Duitsland)

Doorontwikkelde stapelwolken

De situatie verandert als er zich in de hogere luchtlagen koude plekken in de atmosfeer bevinden en bovendien het stromingspatroon stijgbewegingen in de atmosfeer stimuleert. Dat is bijvoorbeeld het geval vlak voor een hoogtetrog, een uitloper van een lagedrukgebied op de weerkaart van vijf kilometer hoogte. De stapelwolken en de buien die zich in dat gebied bevinden, kunnen zich veel beter ontwikkelen dan buien buiten de invloedssfeer van de hoogtetrog. Zo treedt er in een zone met lichte buien plotseling verhevigde buiigheid op relatief kleine schaal op; daarbij zijn onweer, hagel en in de winter tevens zware sneeuwbuien mogelijk. Tussen de buien door zijn er soms felle opklaringen – dan ziet het weer er in de zon en uit de wind zelfs vriendelijk uit. Als de buienwolken samenklonteren, is er vrijwel geen plaats meer voor de zon en blijft het geheel bewolkt. De *doorontwikkelde stapelwolken* zijn op satellietbeelden-in-grijs tinten met voldoende resolutie door hun grotere dikte en koudere wolken toppen gemakkelijk terug te vinden als witte vlekken; dit geldt zowel voor beelden in het zichtbaar licht als voor infraroodbeelden. De satellietbeelden met *doorontwikkelde stapelwolken* van de figuren 2 en 3 zijn overigens gebaseerd op een beeldbewerking waarbij zowel informatie van zichtbaarlichtkanalen als van een infraroodkanaal is gebruikt; hetzelfde geldt voor figuur 1. De wolken toppen buiten de clusters met doorontwikkelde stapelwolken zijn minder nadrukkelijk aanwezig door een grijzere, hier soms gelere tint, die minder contrasteert met de donkerder tinten van het zeeoppervlak.

Komma's

Bij voldoende dynamiek in de atmosfeer en een hoge instabiliteit kunnen de doorontwikkelde stapelwolken uitgroeien tot een georganiseerd systeem: een kommavormig buiengebied of kortweg *komma*. Komma's bestaan uit samengeklonterde buien, soms ook uit buienlijnen, en bevinden zich net als de doorontwikkelde stapelwolken dichtbij een hoogtetrog. Vooral in het winterhalfjaar zijn ze op satellietbeelden van de oceaan relatief vaak te zien. De omvang van komma's varieert sterk en loopt uiteen van 100 tot 500 kilometer. Sommige komma's leiden een

eigen bestaan, andere ontwikkelen zich tot een volwaardige depressie of vormen in wisselwerking met het polaire front een *instant oclusie*. Een schoolvoorbeeld van een komma geeft het NOAA-satellietbeeld van 21 november 2003 (fig. 2). De komma bevindt zich ten noordwesten van Schotland.

Depressievorming in koude lucht

In sommige gevallen kunnen komma's in koude, polaire lucht een verdere ontwikkeling doormaken (*cold air development, CAD*) en doorgroeien tot een *depressie-in-koude-lucht* (fig. 3). Uiteraard moet aan de voorwaarden voor kommavorming zijn voldaan: zij leiden dan tot de karakteristieke vorm van de bewolking van de kop (het noordelijk deel) van de storing. Daarnaast spelen windsnelheidsverschillen op vijf kilometer hoogte een belangrijke rol. De ontwikkeling van de 'staart' van de bewolking, die met de depressie in de koude lucht samenhangt, vindt namelijk plaats aan de linker voorzijde van het gebied met de hoogste windsnelheden.

Een CAD-depressie brengt gewoonlijk zowel gelijkmatige als buiige regen die vergezeld kan gaan van hagel en onweer. De hevigste buien, vaak georganiseerd in 'buienlijnen', zitten in de staart.

Instant oclusie

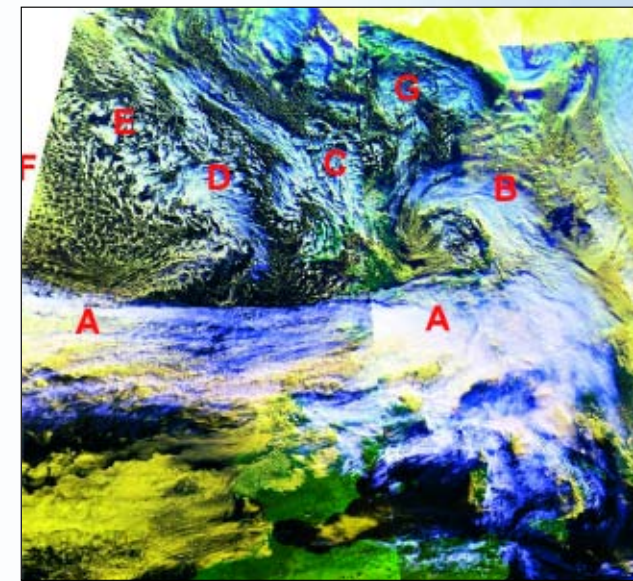
Als de komma zich op niet te grote afstand van het polaire front bevindt, treedt een wisselwerking tussen beide weersystemen op. De komma veroorzaakt eerst golfvorming in het front en smelt vervolgens met de golf samen tot een zogeheten *instant oclusie* of *pseudo-occlusie* (lit. 3). Een instant oclusie gaat vergezeld van een bewolgingspatroon dat een zekere gelijkenis vertoont met de 'klassieke' Noorse-Schoolocclusie en wordt om die reden op weerkaarten bij gebrek aan een eigen symbool vaak als oclusie getekend. Net als 'gewone' komma's en depressies in de koude lucht, gaan instant oclusies vergezeld van vaak hevige buien, maar er zijn ook delen van het weersysteem met langdurig aanhoudende gelijkmatige regen.

'Polar low'

Polar lows zijn kleine depressies met middellijnen van 400 tot 800 kilometer die zich ver naar het noorden vormen, in de polaire lucht op grote afstand van het polaire front



2. Satellietbeeld van 21 november 2003. De bewolgingsband die van links naar midden-rechts op het beeld te zien is, bangt samen met een koufront. Ten noordwesten van het front bevindt zich koude lucht; daarin heeft zich een komma gevormd, die op dit moment ten noorden van Ierland ligt. Ten noorden van Schotland steken doorontwikkelde stapelwolken belder af tegen de donkere tint van het zeeoppervlak. Satelliet: NOAA 16; instrument: AVHRR; kanalen: 1, 2 en 4. (Beeldbewerking: Freie Universität, Berlijn, Duitsland)



3. Satellietbeeld van 13 januari 2004. Iets onder het midden van het beeld loopt min of meer horizontaal de bewolgingsband van een koufront (A) dat de scheidingslijn vormt tussen warmere lucht aan de zuidzijde en koude lucht in het noorden. In de warme lucht zijn onder andere de contouren van Spanje en Noordwest-Afrika goed te onderscheiden. In de koude lucht zijn diverse storingen aanwezig; we benoemen ze van rechts naar links. Boven het Kattegat en Zuid-Zweden ligt een instant oclusie (B). Meer naar het westen bevinden zich eerst voor de westkust van Schotland een depressie-in-koude-lucht (C) en vervolgens verder weg boven de oceaan een komma (D). Geheel links zijn zowel de open cellen (F) van een celvormig bewolgingspatroon te zien als doorontwikkelde stapelwolken (E). Bij G bevindt zich eveneens een komma. Satelliet: NOAA 16; instrument: AVHRR; kanalen: 1, 2 en 4. (Beeldbewerking: Freie Universität, Berlijn, Duitsland)

(lit. 4). Ze zijn verwant aan de komma's, maar tonen in het volwassen stadium ook gelijkenis met tropische cyclonen door het soms voorkomen van een 'oog' in de bijbehorende, rond de kern spirallende bewolking (fig. 5). Polar lows

Kees Floor*

* Kees Floor is wetenschapsjournalist en weerpublicist. Veel van zijn bijdragen aan Zenit (en andere tijdschriften) zijn te vinden op: www.keesfloor.nl.



5. Satellietbeeld met polar low boven de Duitse Bocht en doorontwikkelde stapelwolken boven de Noordzee op 29 januari 2004. Satelliet: NOAA; instrument: AVHRR; kanalen: 3, 4 en 5. (Beeldbewerking: DLR, Oberpfaffenhofen, Duitsland)

ontstaan in de trog van een groot-schaliger hoogtestroming. Ze gaan vergezeld van een minstens harde tot stormachtige wind en brengen doorgaans veel sneeuw; de zo ontstane sneeuwstormen zijn berucht. Polar lows zijn vooral actief boven zee; komen ze boven land terecht, dan neemt hun activiteit snel af.

4. Doorontwikkelde stapelwolken in polaire lucht boven de Britse Eilanden ondergingen op 28 januari 2003, vlak voor Nederland werd bereikt, een actieve ontwikkeling. De buienlijn waarin de onweersbuien waren georganiseerd, kon worden gevolgd op de radar. Aan het getoonde radarbeeld zijn bliksemwaarnemingen toegevoegd.



SatRep-project

Het voorgaande laat zien dat er in de polaire lucht veel activiteit kan optreden die buiten de kaders van de klassieke meteorologie van de Noorse School valt. In het SatRep-project (lit. 5), een samenwerkingsverband tussen drie weerdiensten (Oostenrijk, Nederland en Finland) en EUMETSAT, de Europese organisatie die de weersatellieten METEOSAT en MSG beheert, zijn de karakteristieken van deze en andere conceptuele modellen onderzocht en beschreven. Ook legde

men de voorwaarden vast waaraan de atmosfeer moet voldoen om de systemen tot ontwikkeling te kunnen laten komen.

Literatuur:

1. Floor, K., 1998: 'Wolkenstraten'; *Meteorologica*, maart 1998.
2. Floor, K., 2004: 'Celvormige wolkenpatronen'; *Zenit* april 2004.
3. Floor, K., 1998: 'Occlusies'; *Meteorologica* juni 1998
4. Floor, K., 2003: 'Polar low boven zuidelijke Noordzee'; *Zenit* april 2003.
5. Floor, K., 2000: 'De SatRep-methode'; *Zenit* juli/augustus 2000

Alles over het weer en meer...



Het Weer! magazine is het enige tijdschrift in Nederland en Vlaanderen dat echt helemaal over het weer gaat.

Met de achtergronden, interviews, overzichten, veel uitleg, weerfenomenen, schitterende foto's en nog veel meer.

Wilt u ook meer weten?

Neem dan nu een abonnement voor slechts € 21,95 per jaar (6 nummers) en ontvang een schitterend welkomstgeschenk.

Vul de bon in of surf naar www.hetweermagazine.nl voor meer informatie.



Naam: Voorletter: M/V

Adres:

Postcode/Plaats:

Telefoon: E-mail:

Datum: Handtekening:

Ja, ik neem een abonnement op het Weer! magazine (6 nummers) voor slechts € 21,95 per jaar en kies het volgende welkomstgeschenk:

de cd-rom de Interactieve Weergids (winkelwaarde € 27,-)

het boek de Snel-zoek natuur-gids (winkelwaarde € 5,70)

Stuur deze bon in een envelop zonder postzegel naar:
Het Weer! magazine, antwoordnummer 11139, 1000 PD Amsterdam, Nederland
 of fax naar 020-3304875 of kijk op www.hetweermagazine.nl