

Somber, maar niet saai

Als hogedrukgebieden het weer bepalen, vinden veel weerkundigen dat maar saai: er gebeurt niets, er verandert niets en er valt weinig te vertellen. Het sombere weer van begin februari 2006 vormde hierop echter een gunstige uitzondering. De temperatuurtegenstellingen tussen de lucht bij het aardoppervlak en die op enkele honderden meters hoogte waren namelijk opmerkelijk groot. Bovendien viel er sneeuw uit een slechts enkele honderden meters dikke mist- en wolkenlaag. In hoger gelegen gebieden was het zacht en scheen de zon. Verder lag er in Midden-Europa op veel plaatsen sneeuw. Met bewerkte satellietbeelden is het onderscheid tussen bewolking en sneeuw gemakkelijk te maken.

De temperatuur van de lucht neemt in de dampkring gemiddeld genomen af met toenemende hoogte. Daardoor is het in hoger gelegen berggebieden doorgaans kouder dan in het dal of op zeeniveau. Toch zijn er ook gevallen waarbij de temperatuur juist toeneemt met de hoogte. Dat gebeurt bijvoorbeeld in de onderste lagen van de atmosfeer, als de bodem en de daaraan grenzende luchtlaag bij helder weer door nachtelijke uitstraling sterk zijn afgekoeld. Ook bij de nadering van een warmtefront kan een inversie, zoals zo'n naar boven toe warmer wordende laag wordt genoemd, optreden.

Subsidentie-inversie

Er zijn ook inversies die samenhangen met hogedrukgebieden. In hogedrukzones treden namelijk dalende luchtbewegingen op die de lucht doen opwarmen. De ondergrens van de laag met 'opgewarmde' lucht ligt gewoonlijk op ongeveer een kilometer hoogte. De temperatuur is in de luchtlaag eronder dan wat lager. Zo'n temperatuurophopbouw van de atmosfeer heet stabiel. Lucht van onder de zogeheten subsidentie-inversie kan niet doordringen tot de warmere laag erboven; uitwisseling tussen de beide luchtlagen is nagevoelbaar onmogelijk. Daardoor prikt bijvoorbeeld ook de rook van een grote brand niet door een inversie heen en spreidt hij zich net onder de warme laag uit. Bij de oliebrand van 11 december 2005, toen het weer onder invloed stond van een hogedrukgebied, was dat goed te zien



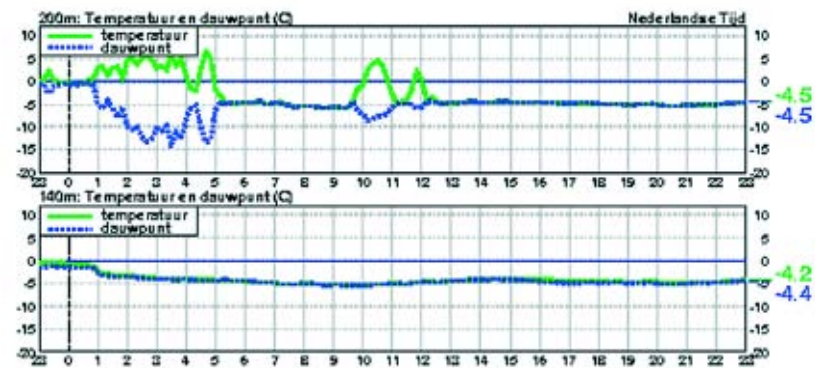
1. Satellietbeeld met mist en laaghangende bewolking boven Nederland en delen van België, Frankrijk en Duitsland, waar ook het Rijndal in de mist zit. Datum: 2 februari 2006, 01:35 UT. (Instrument AVHRR; satelliet: NOAA 17; bron: NOAA/ DLR Institut für Physik der Atmosphäre)

(zie *Zenit*, februari 2006).

De eerste dagen van februari 2006 domineerde opnieuw een hogedrukgebied het weer in West-Europa. Ook nu bood het markant aanwezige hogedrukgebied geen garantie voor zonnig weer. Een laag met mist en laaghangende bewolking onttrok de zon in Nederland en grote delen van België aan het zicht en veroorzaakte er somber weer. Op de satellietbeelden van die periode, zoals figuur 1, zijn de mist en bewolking goed te zien. Tevens is eruit af te leiden dat de vochtige laag niet al te dik kan zijn: de Ardennen steken er moeiteloos boven uit, evenals hoger gelegen delen van Duitsland.

Flinterdun

Metingen van de radiosondes van De Bilt, die tweemaal per dag aan een weerballon opstijgen, bevestigden dat de mist- en wolkenlaag flinterdun was. Op 1 februari ging het zelfs om een koud laagje met een dikte van niet meer dan ongeveer tweehonderd meter en een temperatuur van enkele graden onder nul. Tegelijkertijd was het op vijfhonderd meter hoogte tien graden boven nul! De grens tussen de koude onderlaag bij het aardoppervlak en de warmere laag daarboven schommelde rond de tweehonderd meter. Op de registratie van temperatuur (groen) en dauwpunt (blauw) op die hoogte, af-



2. Verloop van temperatuur (groen) en dauwpunt op 200 m (boven) en 140 m bovenin de KNMI-meetmast in Cabauw bij Lopik (Utrecht) op 1 feb 2006. Als temperatuur en dauwpunt samenvallen, is de relatieve vochtigheid 100%; hoe verder de beide curves uit elkaar lopen, des te droger de lucht. De sensor op 140 m bevond zich de hele dag in de mist en de temperatuur lag er onder nul. Op 200 m hoogte was dat grote delen van de dag eveneens het geval, maar tussen 1 en 5 uur 's ochtends en aan het eind van de ochtend zat die hoogste sensor enige tijd in de warmere en drogere lucht die zich boven de mist bevond. (Bron: KNMI)

komstig van de KNMI-meetmast in Cabauw, is dat duidelijk te zien (fig. 2, boven). Waar temperatuur en dauwpunt samenvallen, is de relatieve vochtigheid honderd procent, wat duidt op de aanwezigheid van mist of bewolking. Hoe groter het verschil tussen de beide temperatuurwaarden, des te droger de lucht. De sensor bevindt zich het grootste deel van de dag in de koude, vochtige mistlaag, waarin de temperatuur onder nul ligt. Tussen 1 en 5 uur in de ochtend is de lucht echter enige tijd warmer en droger; later in de ochtend is dat opnieuw het geval. De sensor bevindt zich op die momenten in de droge, zachtere lucht boven de inversie.

Het onderste deel van figuur 2 geeft de temperatuur en vochtigheid op 140 meter hoogte; de mist en de vorst konden zich daar de hele dag handhaven. Een soortgelijk patroon was op andere, lager gelegen niveaus waarop gemeten wordt (niet afgebeeld) terug te vinden. Ook in figuur 3 is te zien dat de temperatuur in de mist lager is dan erboven. In de Ardennen, die boven de inversie uitsteken, is de temperatuur 's middags om twee uur opgelopen tot 11 graden, terwijl het tegelijkertijd bijna overal in Nederland en Vlaanderen bleef vriezen.

Wintersmog

De inversie houdt niet alleen de mist en de kou gevangen in de onderste luchtlagen. Ook verontreinigingen in de lucht kunnen er niet uit weg, worden dus niet verdund en kunnen zo een bijdrage leveren aan de wintersmog. De verontreinigingen kunnen ter plaatse in de atmosfeer te-

rechtkomen of worden aangevoerd vanuit industriegebieden elders, bijvoorbeeld over de grens met Duitsland.

In Nederland viel het nog mee: de luchtverontreiniging was er 'licht tot matig'. In België werden wel alarmen afgegeven voor wintersmog. De situatie werd er, op basis van strengere normen dan die in Nederland, als 'ondermaats tot zeer slecht' gekarakteriseerd.

Uitsneeuwende mist

In de mistlaag lag de temperatuur op 1 en 2 februari de hele dag onder nul. Daardoor zette zich ruige rijp af op bomen en andere voorwerpen. Onder bomen waar de ruige rijp uit was gevallen of gewaaid, was het wit. Maar ook elders werd de bodem wit en lag er hier en daar een verrassende hoeveelheid sneeuw of mot-sneeuw. De uitsneeuwende mist die hiervoor verantwoordelijk was, is een zeldzaam verschijnsel, zeker bij temperaturen van slechts enkele graden onder nul. Als de mist is uitsneeuwd, komt gewoonlijk de zon tevoorschijn.

Mist kan alleen overgaan in sneeuw als er ijskristallen in voorkomen. Ijskristallen kunnen namelijk zeer snel groeien ten koste van in de omgeving aanwezige mist- of wolken druppeltjes en uiteindelijk groot genoeg worden om als neerslag omhoog te vallen. Het mechanisme staat bekend als Bergeron-Findeisen-proces en vormt de basis van neerslagvorming in gemengde wolken (dat zijn wolken die zowel water als ijs bevatten). De ijskristallen kunnen groter worden doordat de dampspanning boven ijs lager is dan

boven vloeibaar water; daardoor komt er een transport op gang van waterdamp van het vloeibare water naar het ijs.

Mistdruppeltjes bevriezen als ze in aanraking komen met zogeheten vriescernen. De kans op zo'n botsing hangt af van het aantal vriescernen dat in de lucht zit, de temperatuur, de hoeveelheid water in de mist en de leeftijd van de mistlaag. Uitsneeuwende mist kan daardoor even gemakkelijk optreden in mist van drie dagen oud met een temperatuur van vier graden onder nul als in mist die zich slechts een uur geleden gevormd heeft, maar waarin het dan wel ruim acht graden vriest.

Alle voor het uitsneeuwen van mist bepalende factoren kunnen van plaats tot plaats sterk wisselen. Dat verklaart ook dat er soms op de ene plaats sneeuw lag, terwijl dat een paar kilometer verderop niet het geval was. Mogelijk dat uitstoot van vriescernen door de industrie in deze situatie eveneens een bijdrage leverde. In dat geval heeft men het wel over 'industriesneeuw'.

Satellietbeelden

Op de satellietbeelden uit de periode begin februari 2006 zijn de dunne laag met mist en laaghangende bewolking boven Nederland, lager gelegen delen van België en Frankrijk



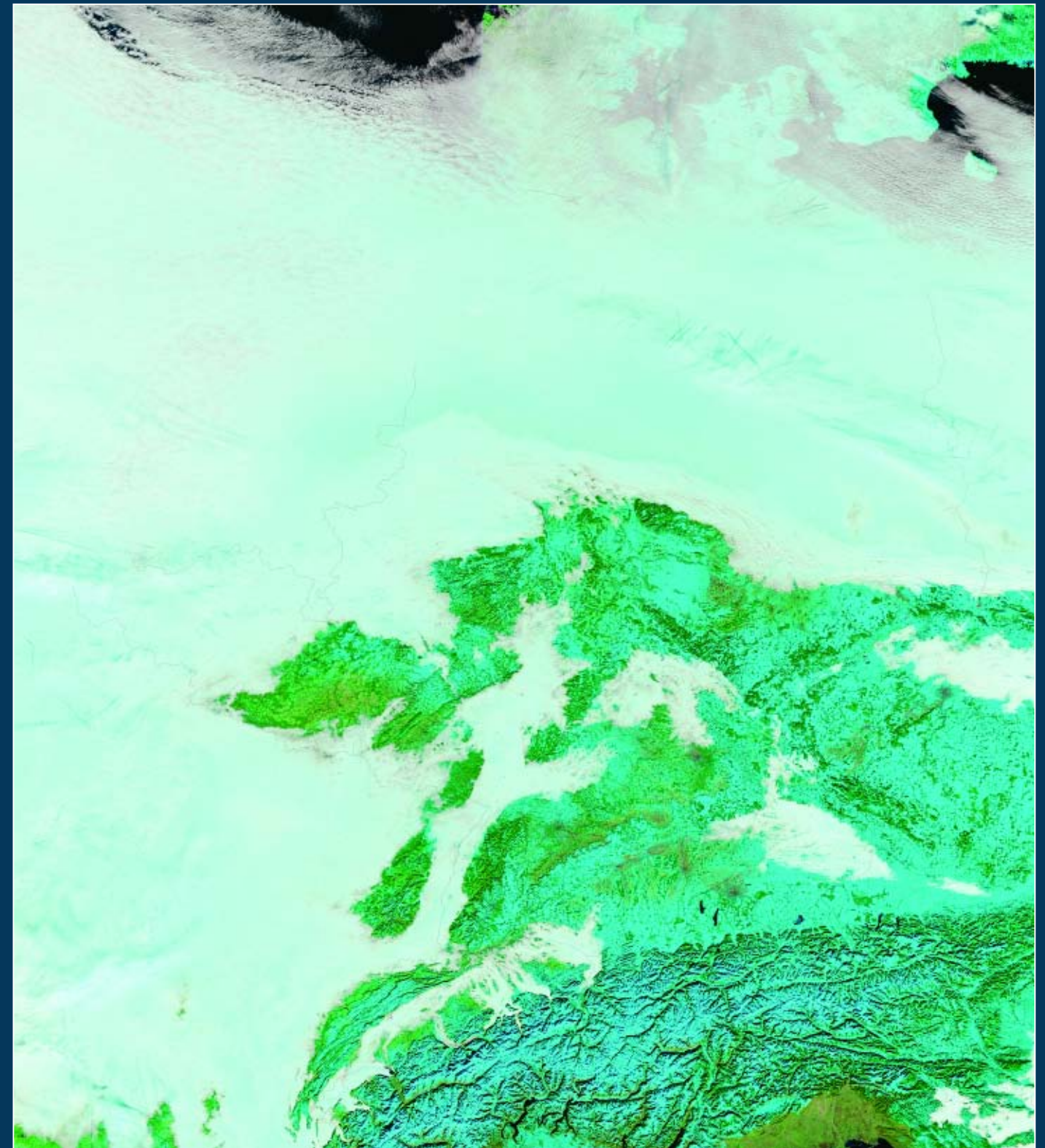
3. Temperatuurkaart van 1 februari, 14 uur. In Nederland en Vlaanderen vriest het bijna overal; in de hoger gelegen delen van de Ardennen is het 11 graden boven nul. (Bron: Weeronline)

Kees Floor*

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



4. Satellietbeeld in ware kleuren van 2 februari, 10:30 UT. (Satelliet: Terra; bron: NASA/GSFC MODIS Land Rapid Response Team)



5. Als figuur 4, maar nu in false color. In deze presentatie krijgt de sneeuw in de Alpen extra accent

en het Rijndal in Duitsland duidelijk waarneembaar. Vergelijking van beelden van opeenvolgende tijdstippen laat zien dat het bewolkte gebied zich langzaam uitbreidde. Zo steekt op 2 februari even na middernacht de Vaalserberg net nog boven de mist uit (fig. 1), terwijl het Drielandenpunt later op de dag rond het middaguur in de mist was verdwenen (fig. 4 en 5). Dat kwam doordat

de inversie geleidelijk aan wat hoger kwam te liggen, zoals op opeenvolgende radiosondeoplatingen van De Bilt te zien was. En hoe hoger de inversie, des te kleiner het gebied dat er nog bovenuit steekt. De bovenkant van de bewolking reflecteert het zonlicht en is daardoor 'sneeuwwit' op satellietbeelden in het zichtbaar licht, zoals figuur 4. De manier waarop dit soort beelden tot

stand komt, is vergelijkbaar met hoe een digitale camera werkt. Objecten die veel rood licht reflecteren, komen rood in beeld; voor groen en blauw geldt hetzelfde. Satellieten werken echter ook in andere golflengtegebieden, onzichtbaar voor het menselijk oog, om het aardoppervlak en de bewolking daarboven in kaart te brengen, zoals het nabij-infrarood. Door de meetwaarden die

op deze manier worden verkregen, te koppelen aan kleuren die we wel kunnen zien, verkrijgt men beelden in false color (fig. 5). Met zulke beelden kun je bepaalde verschijnselen accentueren, zoals in dit geval de sneeuw boven onder meer de Alpen. Op dit type beelden is vegetatie groen, kale grond krijgt rode tinten, mist en bewolking zijn lichtblauw, terwijl sneeuw en ijs helder-

blauw worden weergegeven. Het onderscheid tussen bewolking en sneeuw is zo gemakkelijker te maken; dat geldt des te meer bij geautomatiseerde interpretatie van de beelden. Het satellietbeeld van figuur 1 toont de situatie 's nachts en is dan ook uitsluitend gebaseerd op meetgegevens in infraroodkanalen van de satelliet. Lichte tinten komen overeen

met lage temperaturen; boven de sneeuw van de Alpen en in Duitsland is het dus flink afgekoeld.

Bronnen: (websites van) DLR, Earth Observatory, Gazet van Antwerpen, Geert Groen, KNMI, Weer, Weeronline.