

# Handmatig aanpassen van een numerieke weersanalyse II

Astrid Manders (KNMI)

27 oktober 2006

**Numerieke weersvoorspellingen worden steeds beter. Desondanks blijft het nodig dat deze voorspellingen door een meteoroloog beoordeeld en geïnterpreteerd worden. Tegenwoordig is het ook mogelijk om direct de numerieke weersanalyse aan te passen en vervolgens een nieuwe voorspelling te berekenen. In dit artikel wordt ingegaan op een geval van cyclogenese waarin deze techniek (achteraf) met succes is toegepast. Hierbij wordt aandacht besteed aan de waarde van deze methode ten opzichte van ensemblevoorspellingen.**

## Waterdampbeelden en potentiële vorticeiteit

Uit de literatuur zijn enkele gevallen bekend waarin is geprobeerd een weersvoorspelling te verbeteren op basis van subjectieve aanpassing van een weersanalyse door een meteoroloog. De aanpassing wordt bepaald door het vergelijken van potentiële vorticeiteit en waterdampsatellietbeelden.

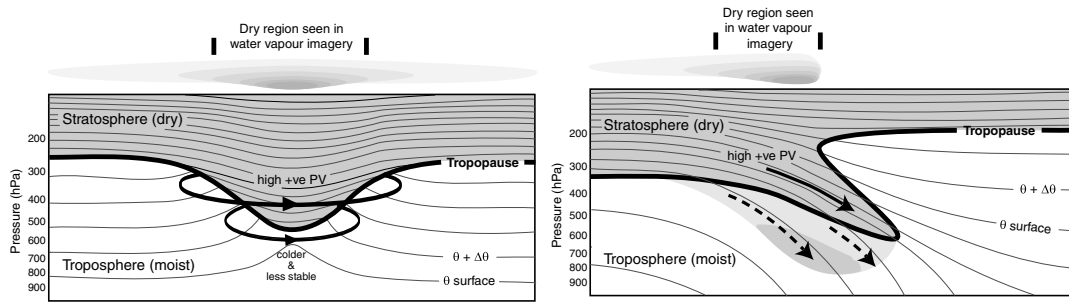
Waterdampsatellietbeelden geven informatie over de hoogte van de tropopauze en daarmee over de locatie van depressies en de straalstroom. Bij benadering geldt dat de geobserveerde straling afkomstig is van de top van de troposfeer, die nagenoeg alle waterdamp bevat. Een hoge stralingstemperatuur impliceert een depressie van de tropopauze, een lage stralingstemperatuur een hoge tropopauze. Sterke contrasten geven de ligging van de straalstroom aan. Figuur 1 illustreert dit. Door hun hoge ruimtelijke resolutie en beschikbaarheid over een groot gebied zijn deze beelden een waardevolle aanvulling op conventionele waarnemingen.

De dynamische tropopauze wordt gekenmerkt door een steile overgang in Potentiele Vorticeiteit (PV) van 1 naar 3 PVU (potential vorticity units,  $10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} \text{ K kg}^{-1}$ ). Door de PV van een weersanalyse te berekenen en deze te vergelijken met het waterdampbeeld kan nagegaan worden of de weersanalyse op essentiële punten afwijkt; daar is de analyse mogelijk niet in orde. Zie Santurette en Georgiev 2005 voor praktijkvoorbeelden. Als een dergelijke situatie zich voordoet dan is de logische stap om de analyse op deze locatie aan te passen en het model een nieuwe voorspelling te laten berekenen. Het mooie van PV is daarbij dat PV informatie bevat over temperatuur en windsnelheid, en dat PV weer terugvertaald kan worden naar deze dynamische variabelen. Omdat de relatie tussen waterdampbeelden en PV slechts kwalitatief geldt, is interpretatie van een meteoroloog essentieel voor een zinvolle aanpassing. Op het KNMI is een methode ontwikkeld om een aanpassing te doen en een nieuwe voorspelling te berekenen (zie Verkley et al 2005, Verkley 2005).

Het succes van een aanpassing bleek in de literatuur echter wisselend. Toch zijn er recentelijk goede resultaten geboekt met een iets andere aanpak: het maken van een korte-termijnensemble voor gevaarlijk weer. Hierbij kregen meteorologen de mogelijkheid om een aantal gebieden ergens in de voorspelperiode aan te wijzen waarin een kleine verandering zou kunnen leiden tot sterke wind of veel neerslag. Op basis van deze gebieden en veranderingen werd een ensemble samengesteld, dat samen met het gewone ensemble een betere statistische voorspelling gaf voor extreme weersomstandigheden (Homar et al. 2006). Dit resultaat geeft aan dat het inzicht van een meteoroloog toegevoegde waarde heeft, al is het misschien niet altijd mogelijk om een individuele voorspelling te verbeteren.

## Een geval van snelle cyclogenese

Op 7 november 2005 ontwikkelde zich boven de Atlantische Oceaan een sterke depressie, die rond 18 UTC



Figuur 1: Doorsnede van de atmosfeer met contouren van potentiële temperatuur, de tropopausestructuur, en in grijswaarden het waterdampsatellietbeeld. Figuren met dank aan N. Roberts.

voor de kust van Ierland aankwam. De sterkte van de depressie werd door het operationele model (HIRLAM) flink onderschat; de kerndruk was 10 hPa te hoog. Operationeel meteorologen merkten op dat de structuur van het PV-veld in de analyse van 00 UTC slecht overeenkwam met het waterdampbeeld, waarin het beginstadium van een storm te herkennen is. Dit is te zien in figuur 2 linksboven. De volgende elementen vallen hierin op:

- de straalstroom, te herkennen aan de dicht opeenliggende PV-isolijnen, ligt te noordelijk
- er is geen verdere PV structuur (lokaal maximum en minimum) rond de droge intrusie

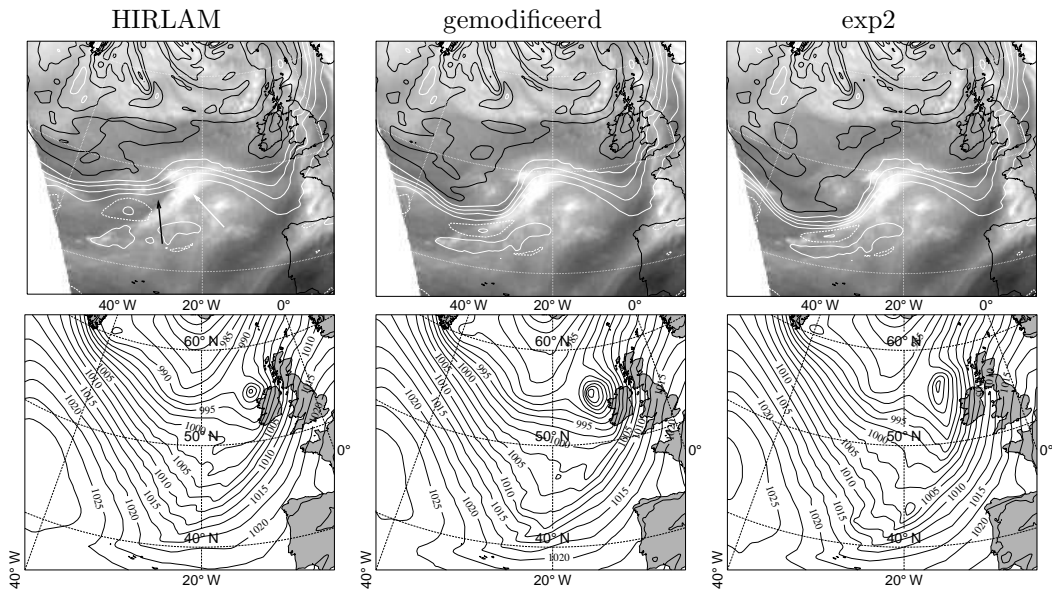
Dit geval is achteraf nader bestudeerd. De analyse is aangepast door PV rond de straalstroom te verschuiven. De PV in een kolom (cirkel met straal  $8^\circ$ ) rond  $48.8^\circ\text{N } 32.0^\circ\text{ W}$  is verplaatst naar  $46.0^\circ\text{N } 30.3^\circ\text{ W}$ . De PV van de nieuwe analyse is te zien in figuur 2 (midden), samen met de nieuwe voorspelling van de kerndruk voor 18 UTC. Het verloop van de kerndruk voor de analyses van HIRLAM, het ECMWF-model en de aangepaste analyse is te volgen in figuur 3. De kerndruk wordt nu iets te laag. De daling vakt af na 24 uur (net buiten de figuur). Hiermee komt de druk wel veel dichterbij de analyses en ook de locatie van de depressie is in orde.

De modificatie heeft direct gezorgd voor een ander verloop van de straalstroom. Maar ook nabij het aardoppervlak was er een significante verandering: de temperatuur werd een beetje lager (1 tot 2 K) en de westenwind werd iets zwakker. Mogelijk kon een PV-anomalie nabij het aardoppervlak nu veel beter groeien door het vrijkomen van latente warmte (neerslag). Wel blijven er verschillen tussen de voorspelling en de verificatie: met name een koppeling tussen PV-structuren onderin en rond de tropopauze wordt niet gevonden terwijl die wel in de analyses van 18 UTC te zien waren. In de ECMWF-voorspelling is deze koppeling wel goed zichtbaar. Nadere details zijn te vinden in Manders et al. (2006).

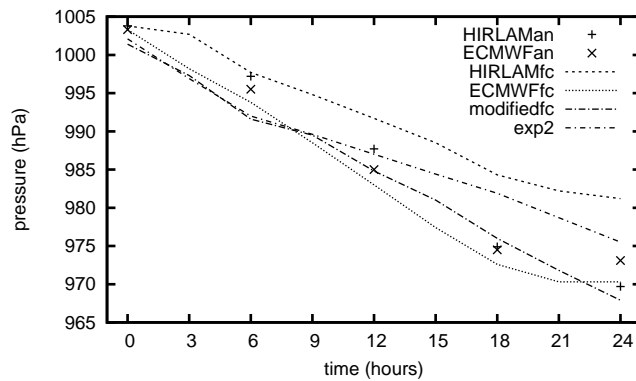
Om te testen of de voorspelling erg gevoelig is voor de precieze aanpassing zijn twee variaties op de modificatie uitgetest. Deze modificaties simuleren de variaties die kunnen ontstaan als twee verschillende meteorologen hetzelfde geval bekijken: als het goed is, hebben ze hetzelfde idee over een modificatie, maar ze zullen als gevolg van de subjectiviteit niet op exact dezelfde verandering uitkomen. In exp2 is de verstoring net iets westelijker aangebracht. Een gebied met straal  $10^\circ$  rond  $50.0^\circ\text{ N } 34^\circ\text{ W}$  is verplaatst naar  $46.0^\circ\text{ N } 32.0^\circ\text{ W}$  (figuur 2, rechts). De kerndruk werd wel lager dan in de oorspronkelijke run maar niet laag genoeg. De positie van de depressie werd duidelijk minder goed voorspeld. Een derde experiment bestond uit een verplaatsing van  $49.5^\circ\text{ N } 32.0^\circ\text{ W}$  naar  $46.5^\circ\text{ N } 31.0^\circ\text{ W}$ , ook in een gebied met straal  $10^\circ$ . Hiervoor was het resultaat ongeveer gelijk aan de eerste modificatie en het resultaat wordt daarom niet apart getoond.

### Vergelijking met het ECMWF ensemble

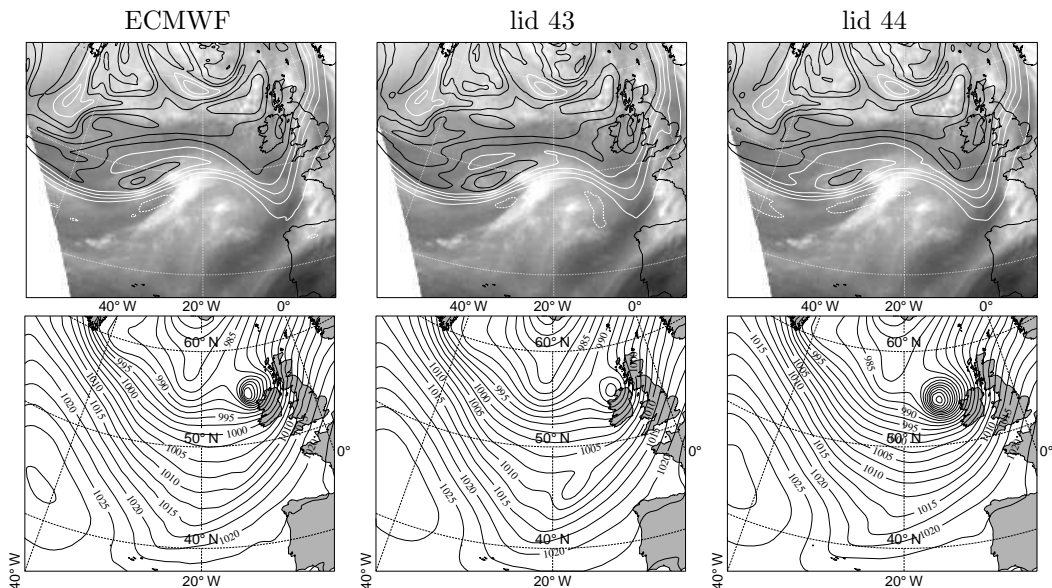
Om te onderzoeken hoe de modificaties zich verhouden tot een ensemble vergelijken we de resultaten met het ensemble van het ECMWF. De PV van de analyse om 00 UTC en de twee ensembleleden die de sterkste en zwakste depressie gaven zijn in figuur 4 te zien, net als de resulterende druk op zeeniveau na 18 uur. De PV-structuren rond de plaats waar we de HIRLAM-analyse hebben aangepast zijn anders dan in HIRLAM



Figuur 2: HIRLAM-analyses en -voorspellingen. Boven: contouren van PV op het 315 K isentrope vlak, 7 November 2005 00 UTC, gecombineerd met het waterdampbeeld van 01 UTC (het beeld van 00 UTC was niet beschikbaar). PV contouren iedere 1 PVU, zwart  $\geq 5$  PVU, wit  $\leq 4$  PVU. In de figuur linksboven wijst de witte pijl naar de ‘cloud head’, de zwarte naar de droge intrusie. Onder: druk op zeeniveau, voorspelling van 00 UTC voor 18 UTC.



Figuur 3: Druk op zeeniveau in het centrum van de zich ontwikkelende depressie.



Figuur 4: ECMWF-analyse, ensembleleden en voorspellingen. Boven: contouren van PV op het 315 K isentrope vlak, 7 November 2005 00 UTC, gecombineerd met het waterdampbeeld van 01 UTC. PV contouren iedere 1 PVU, zwart  $\geq 5$  PVU, wit  $\leq 4$  PVU. Onder: druk op zeeniveau, voorspelling van 00 UTC voor 18 UTC.

en kwantitatief verschillend van elkaar. Maar het is niet goed te zeggen welk analyse nu beter past bij het waterdampbeeld. De resulterende voorspellingen laten een groot verschil in kerndruk zien. Ensemblelid 43 lijkt in ontwikkeling sterk op de originele HIRLAM-voorspelling. Het andere ensemblelid, gebaseerd op de verstoring met het andere teken dan voor lid 43, geeft juist een te sterke depressie. De oorspronkelijke HIRLAM-analyse zit dus aan de rand van het ECMWF-ensemble. De gemodificeerde analyses vallen ergens in het midden van het ensemble qua sterkte en positie.

## Conclusies

Het is heel moeilijk om kwantitatief PV en waterdamp aan elkaar te relateren. Hoewel de PV-modificaties geen zuivere correctie geven van de weersanalyse, geven ze toch een goede bijdrage aan een inschatting van de mogelijke ontwikkeling. Ze zouden dus als ensembleleden gezien kunnen worden. In tegenstelling tot de klassieke methoden om een ensemble te genereren wordt hierbij de ervaring van een meteoroloog benut. Ook als er geen duidelijk verschil is tussen waterdampbeeld en PV kan het nuttig zijn hiermee te experimenteren. In het geval van Verkley (2005) was de structuur goed maar de sterkte niet, zodat een onnauwkeurige analyse slecht te herkennen is. Over de generatie van korte-termijnensembles is nog niet veel bekend. De hier besproken methode zou een bijdrage kunnen leveren aan het maken van een dergelijk ensemble.

## Literatuur

- Homar, V., Stensrud, D.J., Levit, J.J. en Bright, D.R., (2006), Value of human-generated perturbations in short-range ensemble forecasts of severe weather, *Weather and forecasting*
- Manders, A.M.M., Verkley, W.T.M., Diepeveen, J.J. en Moene, A.R., (2006), Investigation of a case of rapid cyclogenesis using a potential vorticity modification method. *ingezonden naar Q.J.R. Meteorol. Soc.*
- Santurette, P. and Georgiev, C., (2005) *Weather analysis and forecasting*, Elsevier
- Verkley, W.T.M., Vosbeek, P.W.C. and Moene, A.R., (2005), Manually adjusting a numerical weather analysis in terms of potential vorticity using three-dimensional variational data-assimilation, *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, **131**, 1713–1736
- Verkley, W.T.M., (2005), Handmatig aanpassen van een numerieke weersanalyse, *Meteorologica*, **4**, 11-14