

De storm van 28 oktober 2013 en het isallobarische effect

A.J. van Delden, IMAU, Universiteit Utrecht (Meteorologica December 2013)

Het zogenaamde “geostroof evenwicht” tussen de horizontale luchtdrukgradientkracht en de Corioliskracht geldt als aan vier voorwaarden is voldaan, namelijk, (1) als stroomlijnen niet of nauwelijks gekromd zijn, (2) als de wrijvingskracht te verwaarlozen is, (3) als de verticale snelheid te verwaarlozen is, en (4) als er geen of nauwelijks luchtdrukveranderingen in de tijd optreden. In dat geval is de geostrofe windsnelheid een goede benadering van de werkelijke windsnelheid. De twee componenten van de geostrofe wind kunnen worden berekend uit de volgende formules:

$$u \equiv u_g = -\frac{1}{\rho f} \frac{\partial p}{\partial y}; \quad v \equiv v_g = \frac{1}{\rho f} \frac{\partial p}{\partial x}.$$

Hierin zijn u en v , respectievelijk, de oost (x) en noord (y) component van de windsnelheid, ρ de dichtheid van de lucht, p de luchtdruk en f de Coriolisparameter. Met kennis van luchtdrukverdeling kan hieruit een schatting van de windsnelheid worden gemaakt.

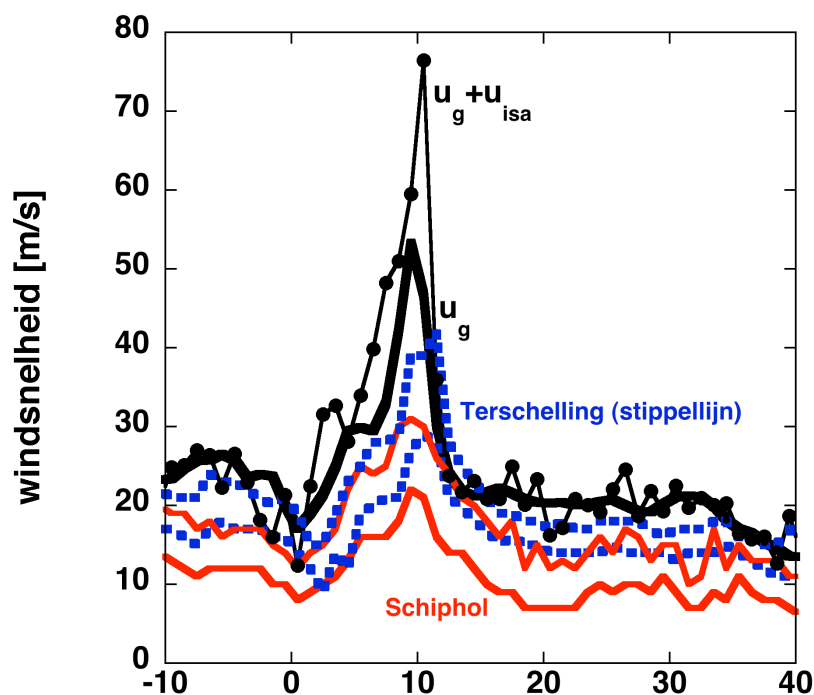
De depressie, die de storm van 28 oktober 2013 heeft veroorzaakt, trok met een snelheid van ongeveer 100 km per uur vanaf het gebied ten zuiden New Foundland over de Atlantische Oceaan richting Engeland. Tijdens de passage over de Noordzee, vanaf Engeland naar Denemarken, tussen 6 UTC en 13 UTC op 28 oktober, daalde de druk op zeeniveau in de kern van de depressie met ongeveer 10 hPa. Tezamen met de grote treksnelheid had dit enorme lokale luchtdrukveranderingen in de tijd tot gevolg. Op Terschelling steeg de luchtdruk op zeeniveau tussen 11 en 12 UTC met 6.8 hPa, terwijl er in het uur daarvoor nog een luchtdrukdaling optrad van 0.5 hPa. In zo'n geval wordt niet aan de vierde voorwaarde voor de geldigheid van de geostrofe windformule voldaan en moet de volgende formule worden gebruikt om een betere schatting te krijgen van de windsnelheid uit de gemeten luchtdruk:

$$u = u_g - \frac{1}{\rho f^2} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial p}{\partial t} \right); \quad v = v_g - \frac{1}{\rho f^2} \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial p}{\partial t} \right).$$

Hierbij wordt nog steeds aangenomen dat aan de eerste drie voorwaarden wordt voldaan. De tweede term in het rechterlid van deze twee vergelijkingen representeert de “isallobarische wind”. De isallobarische wind waait van gebieden met hoge waarden van de luchtdruktendens ($\partial p / \partial t$) naar gebieden met lage waarden van de luchtdruktendens. Aan de zuidflank van een depressie, die in oostelijke richting trekt, wordt de geostrofe wind dus versterkt door de isallobarische wind, waardoor juist hier een storm kan ontstaan, terwijl aan de noordflank van zo'n depressie rustige condities heersen omdat de isallobarische wind de geostrofe wind tegenwerkt. Omdat de kern van de depressie juist ten noorden van Nederland langs trok, is het aannemelijk dat het isallobarische effect een rol heeft gespeeld in de hevigheid van de storm van 28 oktober 2013.

De geostrofe wind en de isallobarische wind kunnen uit uurlijkse luchtdrukwaarnemingen op drie stations m.b.v. de bovenstaande formules worden berekend. De resultaten van zo'n berekening worden in de figuur getoond. Dit is gebeurd voor een punt op 52.3°N en 4.8°O (dichtbij Schiphol) waarbij de uurlijkse luchtdrukwaarnemingen van Vlissingen, Deelen en Terschelling zijn gebruikt. De geostrofe windsnelheid op dit punt (de dikke zwarte lijn) bereikt zijn hoogste waarde (53 m/s) rond 9:30 UTC (10:30 lokale tijd). De waargenomen uurgemiddelde windsnelheid op 10 m hoogte is aanmerkelijk lager: 22 m/s op Schiphol (tussen 9 en 10 UTC) en 29 m/s op Terschelling (tussen 10 en 11 UTC). In dit uurvak bereikte de som van de geostrofe wind en de isallobarische wind ook de hoogste waarde (76 m/s). Op Terschelling werd tussen 11 en 12 UTC, tijdens een windvlaag, een windsnelheid van 42 m/s gemeten. Deze windsnelheid overtreft de gemiddelde geostrofe wind in dat uurvak.

De berekende geostrofe plus isallobarische windsnelheid is tijdens de storm bijna twee keer zo groot als de op 10 m hoogte gemeten maximale windsnelheid. Het is aannemelijk dat dit verschil komt door, enerzijds, het effect van de wrijvingskracht, die volgens de theorie evenredig is met het kwadraat van de windsnelheid en daardoor bij hoge windsnelheden juist van belang is, en anderzijds, door het verwaarlozen van de centrifugale kracht die van belang is bij gekromde stroomlijnen. Dit laatste effect kan al snel leiden tot een reductie met 25-50% van de geostrofe windsnelheid. Het kwantificeren van deze twee effecten is in volle gang, maar valt buiten het bestek van dit korte kader.



tijd (UTC, 28 oktober 2013)

Uurlijks gemiddelde windsnelheid en hoogste windsnelheid per uur in Hoorn (Terschelling) (blauwe stippellijnen) en Schiphol (rood), geostrofe windsnelheid (dik getrokken lijn) en de absolute waarde van de som van de geostrofe wind (u_g) en de isallobarische wind (u_{isa}) op 52.3°N, 4.8°O.