

Zand over Kaapverdië

KES FLOOR

Kaapverdië krijgt geregeld te maken met stofstormen die op satellietbeelden in natuurlijke kleuren over de eilandengroep een grauwsliuer lijken te leggen. Soms steken de hogere eilanden er deels bovenuit en gaan tegelijkertijd de lagere er geheel onder bedekt. Een ander verschijnsel dat in hetzelfde gebied op satellietbeelden vaak is waar te nemen, zijn de lijwervels achter de hogere eilanden, de zogenoemde wervelstraten van Von Kármán. Tijdens stofstormen kan het wervelpatroon in zeldzame gevallen ook in de zanderige laag worden teruggevonden. Dat de hier getoonde wervels zich zowel manifesteren in bewolking als in stof, is echter zeer uitzonderlijk.

Woestijnen en andere droge gebieden, die gezamenlijk een derde deel van het landoppervlak op aarde beslaan, vormen een belangrijke bron van stof- en zanddeeltjes in de atmosfeer. Vooral de Sahara en de Sahel leveren een grote bijdrage. Het zand dat in de atmosfeer terecht komt, met een deeltjesgrootte van 0.1 tot 0.0001 millimeter, wordt tijdens zandstormen van het aardoppervlak losgemaakt door de wind en meegevoerd met de heersende luchtstromingen. Dergelijke zandstormen komen ieder jaar voor, zij het in sterk wisselende frequentie en intensiteit.

Begin februari van dit jaar was het weer raak: ditmaal ging het om een zandstorm in West-Afrika met een intensiteit die sinds 2010 niet meer in dat gebied was voorgekomen. Een stofwolk van duizenden kilometers breed verduisterde de zon en deed het zicht afnemen tot enkele honderden meters. Vluchten op Nouakchott, de hoofdstad van Mauritanië, en op de Senegalese hoofdstad Dakar moesten worden geannuleerd of omgeleid. Auto's reden noodgedwongen met groot licht en alles zat er onder het zand.

Harmattan

Het zand was afkomstig uit een brongebied dat het oosten van Mauritanië, het westen van Mali en het zuiden van Algerije omvat. Het werd losgewoeld en meegevoerd door de zogeheten harmattan, een droge, stoffige of zanderige pas-saatwind die in de wintermaanden waait van de zuidelijke Sahara naar de Atlantische Oceaan en de Golf van Guinee. METEOSAT-beelden (niet afgebeeld) laten zien dat de stofwolk in de nacht van 5 op 6 februari de Atlantische kust van de Westelijke Sahara, Mauritanië en Senegal bereikte, om vervolgens koers te zetten naar Kaapverdië. Op MODIS-satellietbeelden van 6 februari (niet afgebeeld) is het oceaanooppervlak door stof en zand niet meer zichtbaar. Een dag later blijken de Kaapverdise Eilanden volledig bedekt of omringd door zand en stof (figuur 1).

De zandhoudende luchtlaag

De overlast die de zandstorm veroorzaakte voor het vliegverkeer, het wegverkeer en de burgerij, vormt een aanwijzing dat het zand zich in de onderste lagen van de atmosfeer ophield. Meer precies: tussen het aardoppervlak en een inversie, die zich volgens de radiosondeopstijging van de luchthaven van het eerder genoemde Nouakchott bevond op 950 hPa (616 meter) (figuur 2). Het satellietbeeld van figuur 1 geeft aanwijzingen die de aanwezigheid van stof en zand in die laag onderbouwen en geeft aan dat de lucht erboven schoner is. Kaapverdië bestaat namelijk uit een aantal eilanden, waarvan er tien bewoond zijn (zie figuur 3). De helft ervan is beduidend hoger dan 616 meter, de overige eilanden zijn minder hoog. Het satellietbeeld van figuur 1 laat zien dat de lagere eilanden helemaal bedekt zijn door een 'grauwsliuer' van beigegetint stof en zand, terwijl de bruin-getinte delen van de hogere eilanden boven de stof- en zandhoudende luchtlaag uit steken. Vooral de hoogste twee Kaapverdise eilanden, Santa Antão in het uiterste noordwesten en Fogo in het zuiden, zijn, voor zover ze door de inversie heen prikken, op het satellietbeeld

duidelijk te zien. De drie het meest naar het oosten gelegen, lage eilanden, Sal, Boa Vista en Maio, gaan vrijwel geheel schuil onder het zand en zijn nauwelijks nog te onderscheiden.

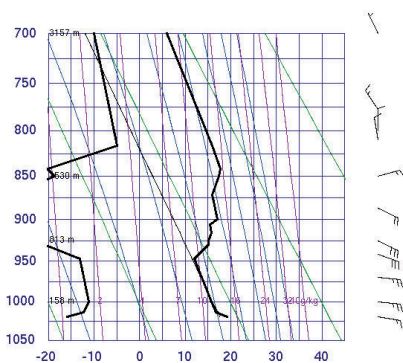
Windrichting

Het zand boven Kaapverdië werd, zoals eerder aangegeven, meegevoerd door de noordoostpassaat; de MODIS-beelden van 7 februari 2012 bevestigen dat de windrichting inderdaad noordoost is. Zo zien we, vooral op de middagbaan (Aqua, figuur 3) dat de met de aanwezigheid van eilanden samenhangende bewolking zich bevindt aan de noordoostzijde van de eilanden, dus precies daar waar de lucht bij een noordoostelijke stroming gedwongen wordt op te stijgen. Bewolking is zich in de ochtend vooral aan het vormen bij Fogo, zoals het ochtendbeeld van de Terra (figuur 1) laat zien. Op het Aqua-beeld (middagbaan, figuur 3) is het effect ook goed zichtbaar bij Santo Antão en São Nicolau.

Een tweede aanwijzing voor de aanwezigheid van een noordoostelijke stroming geeft de oriëntatie van de wervelstraten van Von Kármán, die zich stroomaf-



Figuur 1. Satellietbeeld van een stofstorm boven Kaapverdië. Alleen de hogere eilanden steken boven de zanderige luchtlaag uit. Datum: 7 februari 2012, 11.50 UTC (ochtendbaan). (Bron: NASA, instrument: MODIS, satelliet: Terra).



Figuur 2. TEMP van Nouakchott, Mauritanië, 7 februari 12.00 UTC (bron: University of Wyoming).

waarts achter sommige eilanden hebben gevormd. Een van de voorwaarden om dergelijke wervelstraten te krijgen is dat het eiland dat als obstakel in de luchtstroming ligt en daardoor de wervels veroorzaakt, beduidend hoger is dan de inversiehoogte. Dat voor de wervelstraten achter Santo Antão en Fogo aan deze voorwaarde is voldaan, blijkt niet alleen uit vergelijking van de inversiehoogte met de in figuur 3 getoonde hoogten van de eilanden. Ook aan de donkerbruine tinten van de eilanden op het satellietbeeld van figuur 1 kunnen we zien dat ze deels boven de inversie liggen.

Wervelstraten

Wervelstraten zijn op satellietbeelden voor de Afrikaanse kust geregeld zichtbaar achter Madeira en de Canarische en



Figuur 3. Kaart van Kaapverdië. Als ondergrond dient het middagbeeld van dezelfde dag als figuur 1: 7 februari 2012, 15.00 UTC (middagbaan). Bij de namen van de eilanden is tussen haakjes de hoogte boven zeeniveau van het hoogste punt op het eiland vermeld. Alleen de hogere eilanden zien we boven de zanderige luchtlaag uit steken. Aan de noordoostzijde van Santo Antão, São Nicolau en Fogo heeft zich in de tot opstijgen gedwongen lucht bewolking gevormd. (Bron: NASA, instrument: MODIS, satelliet: Aqua).

Kaapverdise Eilanden. Meestal zijn de wervels zichtbaar door het bewolkingspatroon dat ermee samenhangt. Soms kun je het optreden van wervels afleiden uit het patroon van zonneglinstering in het zeegebied achter de eilanden. Slechts een enkele maal verraden ze zich

door een wervelpatroon in overwaaiend woestijnzand. Nog weer zeldzamer is een markering van de wervels door een combinatie van bewolking en zand, zoals die zich voordeed in de situatie van 7 februari 2012 (figuur 1).

De invloed van urbanisatie op de meetreeks van de De Bilt

SYTSE KOOPMANS, NATALIE THEEUWES, GERT-JAN STEENEVELD EN BERT HOLTSLAG
(WAGENINGEN UNIVERSITEIT)

In veel klimaatonderzoek wordt een toename van de 2-m temperatuur in de 20^e eeuw geconstateerd. Het IPCC schat de toename op ongeveer 0.74 K als gevolg van toename van broeikasgassen. Temperatuurmetingen nabij stedelijke gebieden kunnen echter beïnvloed worden door stadsuitbreiding en warmte-advectie vanuit de stad. In de 20^e eeuw kan de uitbreiding van de stad Utrecht van belang zijn voor de waarnemingen in De Bilt. In dit artikel onderzoeken we dit effect met behulp van een mesoschaal model.

Verstedelijking

De omgeving van het weerstation in De Bilt is in de 20^e eeuw steeds verder verstedelijkt. De stad Utrecht had in 1899 een oppervlakte en bevolking van respectievelijk 22% en 44% vergeleken met 2003 (Brandsma et al., 2003).

De temperatuurwaarnemingen in De Bilt zijn van groot belang voor klimaatonderzoek omdat deze reeks lang en relatief homogeen is (Brandsma, 2010). Hier-

uit worden maand- en jaaroverzichten samengesteld die gebruikt worden in de media. In deze eeuw is de huttemperatuur in De Bilt toegenomen met ongeveer 1 K (Brandsma et al., 2003). Als de verandering van het windregime in deze trend wordt verdisconteerd, wordt een trend van 0.8 K gevonden (van Oldenborgh en van Ulden, 2003). Er was een toename in (relatief warme) zuidwestelijke winden in het voorjaar vanaf 1950. Het is belangrijk om het temperatuursef-

fect door stadsuitbreiding (*urbanization induced temperature effect*: UITE) te bepalen. Tot nog toe is het UITE voor De Bilt alleen onderzocht door middel van vergelijking met waarnemingen van andere weerstations. Men vond een maximum nachtelijk UITE van 0.5 K. Echter, het jaargemiddelde UITE kwam uit op 0.11 K (Brandsma, 2010).

In dit artikel breiden we de eerdere onderzoeken uit door het schatten van het UITE