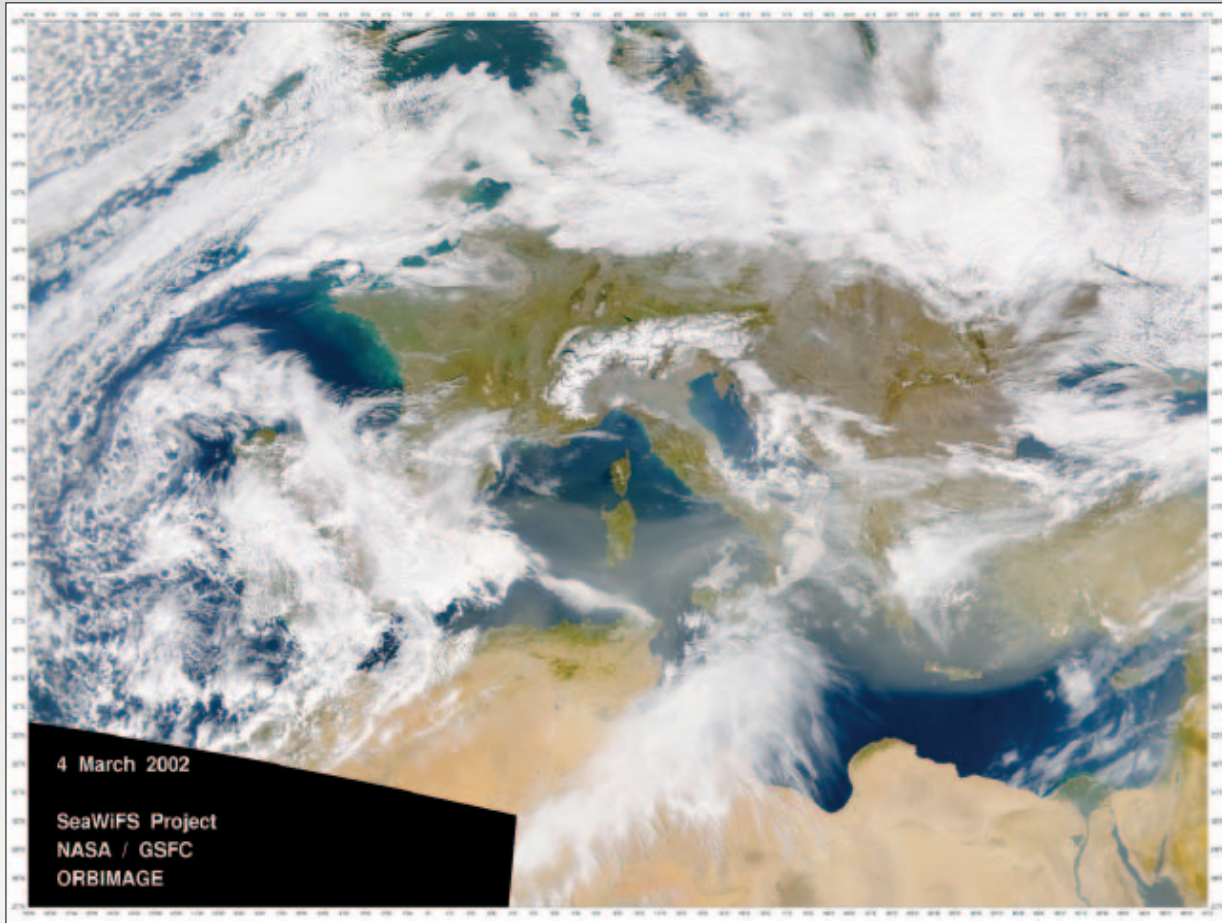


Satellietbeelden met stofstormen



1. Stofstorm over de Middellandse Zee, 4 maart 2002. De stofwolk is enigszins bruin van tint en bedekt een groot deel van de Middellandse Zee, Zuid-Italië, Albanië, Griekenland en Turkije. Opname van de Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS) op de Amerikaanse satelliet SeaSTAR.

Van tijd tot tijd daalt uit de lucht boven Nederland en België een geelbruin stof neer dat talrijke inwoners noopt vaker dan gewoonlijk ramen te lappen of de auto te wassen. Het stof is afkomstig uit de Sahara; een zuidelijke stroming over de Middellandse Zee en het West-Europese vasteland voert het in onze richting.

Het stoftransport is op satellietbeelden goed waar te nemen; de stofwolk ligt op de routinematig beschikbare zwart-witbeelden van de Amerikaanse NOAA-satellieten en de Europese METEOSAT als een sluier over het aardoppervlak, dat erdoorheen zichtbaar blijft. De stofwolk verstrooit het opvallende zonlicht, zodat de tinten van het land en de zee eronder valer zijn en de contrasten vager.

Nieuwe generaties satellieten tonen het verschijnsel nog duidelijker en in kleur. Een mooi voorbeeld van verwaaiend woestijnstof geeft figuur 1. De besneeuwde Alpen zijn daarop duidelijk te herkennen, evenals diverse wolkenpartijen, maar ook de stofwolk is goed te zien. De stofwolk is enigszins bruin van tint en bedekt een groot deel van de Middellandse Zee, Zuid-Italië, Albanië, Griekenland en Turkije. De kleu-

ren van de stofwolk wijken af van de grijsgetinte grauwsliuier van door de mens veroorzaakte luchtverontreiniging die zich ten zuiden van de Dolomieten bevindt en over de Adriatische Zee naar het zuiden stroomt. Ook boven Oostenrijk, Hongarije en Joegoslavië is het heilig.

Het Saharastof komt niet altijd onze kant op. Het waait bijvoorbeeld bij oostenwinden de Atlantische Oceaan op, richting Canarische Eilanden (fig. 2). Dat was onder andere het geval in de eerste helft van 2002 tijdens een van de zwaarste stofstormen uit de lokale geschiedenis. Bij westenwinden stroomt het woestijnstof over Sudan, Eritrea, Ethiopië en de Rode Zee (fig. 3), waar het een temperatuurdaling van twee graden veroorzaakt.

Aërosol

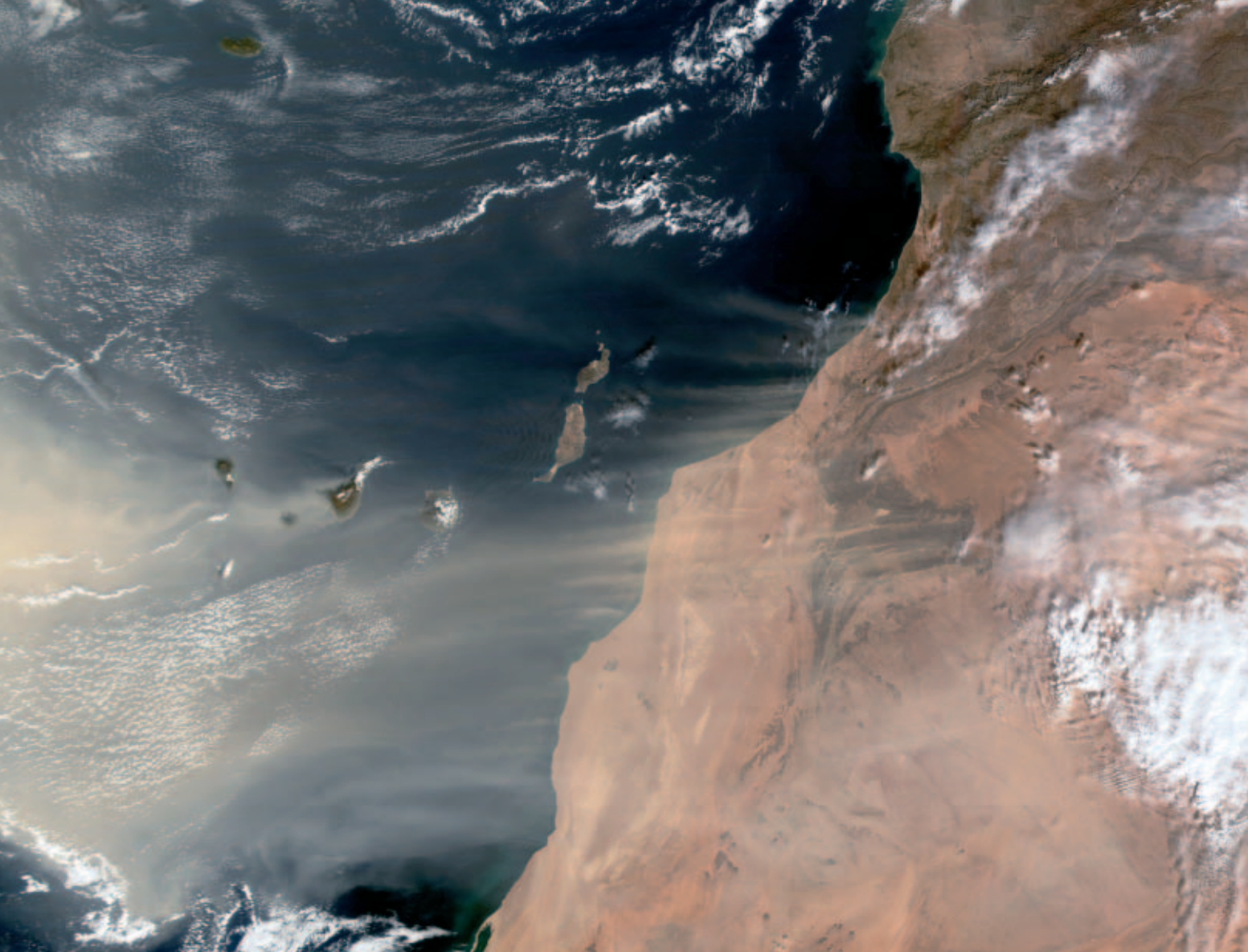
De satellietbeelden maken aanneemelijk dat de Sahara kan fungeren

als bron voor stof in de atmosfeer. In de meteorologie noemt men de verzameling van dergelijke deeltjes, die overall – meestal minder zichtbaar dan op bijgaand satellietbeeld – in grote concentraties in lucht aanwezig zijn, het atmosferisch aërosol. Metingen bevestigen dat woestijnen en andere droge gebieden, die gezamenlijk een derde deel van het landoppervlak van de aarde beslaan, een belangrijke leverancier van aërosoldeeltjes vormen. Het gebied van de Sahara en de Sahel is van al die streken de grootste stofbron; andere bronnen zijn bijvoorbeeld Midden-Azië, het Arabisch Schiereiland, Australië en het zuidwesten van de Verenigde Staten.

Het stof wordt tijdens stofstormen van het aardoppervlak losgemaakt door de wind; dergelijke stormen komen ieder jaar voor, zij het in sterk wisselende frequentie en intensiteit. De minimaal vereiste windsnelheid voor het losmaken

Kees Floor*

* Kees Floor is hoofd van de afdeling Meteorologische Opleidingen van het KNMI in de Bilt.



2. Een van de zwaarste stofstormen uit de geschiedenis van de Canarische Eilanden, 7 januari 2002. Boven het gebied ligt een deken van zand en stof. Opname van de Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) op de Amerikaanse satelliet Terra.

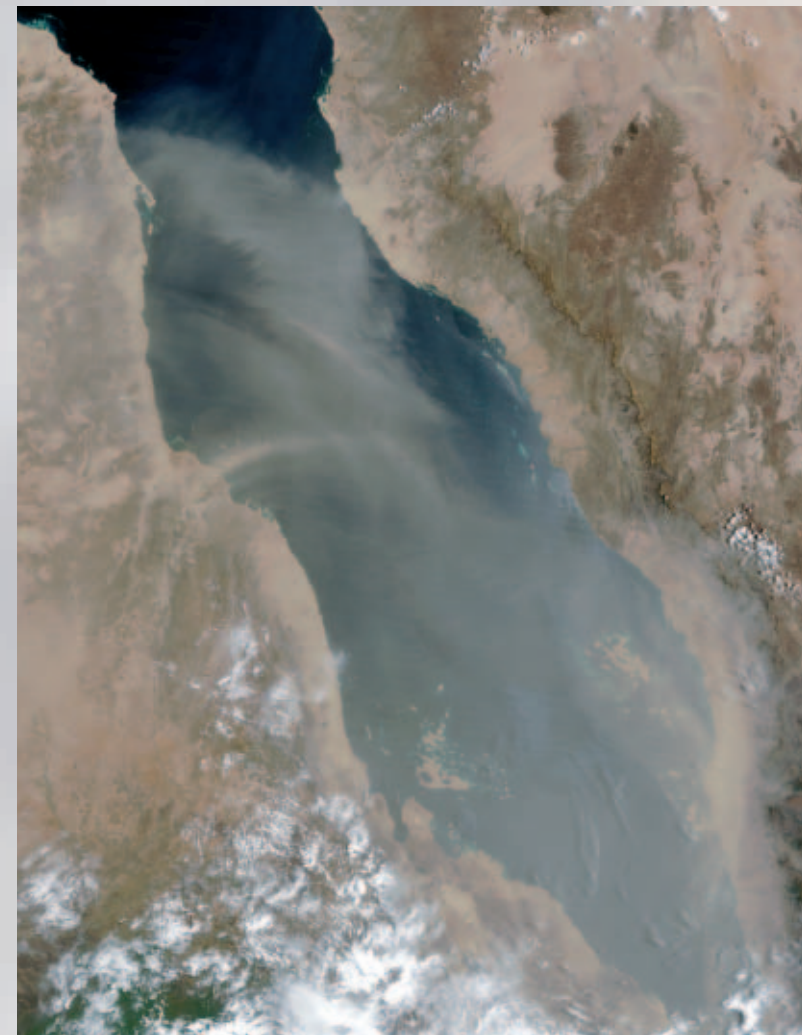
van het stof van het aardoppervlak hangt onder andere af van de samenstelling, de structuur en de vochtigheid van de bodem; de orde van grootte waaraan gedacht kan worden is windkracht 4 op de standaardhoogte voor windwaarnemingen, tien meter boven het aardoppervlak. De diameter van de deeltjes die worden meegevoerd loopt sterk uiteen: van 0,1 tot 0,0001 mm. Het aantal stofdeeltjes kan in de buurt van de brongebieden oplopen tot enkele duizenden per cm^3 ; de deeltjes verblijven maximaal twee weken in de lucht en kunnen in die tijd een afstand hebben afgelegd van enkele duizenden kilometers. De uit de woestijnen afkomstige deeltjes kom je dan ook vrijwel overal op aarde tegen; de verspreiding ervan is dus veel ruimer dan je bij het zien van stofwolken op satellietfoto's in eerste instantie denken. Zo wordt Saharastof aangetroffen tot in Ierland, Florida en Mexico-City, terwijl stof uit Azië de westkust van der Verenigde Staten kan bereiken. Het uit woestijnen afkomstige aëro-

sol speelt een rol bij talrijke processen, zowel binnen de meteorologie als daarbuiten. Zo vormt het een van de belangrijkste bronnen van mineralen voor het leven in de oceaan en beïnvloedt het de 'gezondheid' van koraalriffen. Bij kinderen kan het woestijnstof de gezondheid eveneens raken door ademhalingsmoeilijkheden te veroorzaken. Bovendien werd onlangs ontdekt dat bepaalde ziekten zich kunnen verspreiden doordat ziektekiemen zich aan het woestijnaërosol hechten en tot op grote afstanden worden meegevoerd. Het woestijnstof heeft ook gevolgen voor de chemische samenstelling van de atmosfeer door het absorberen van gasen en het afschermen tegen ultraviolette zonnestraling.

Warmtehuishouding

Het atmosferisch aërosol, dat zoals gezegd voor een belangrijk deel afkomstig is van de woestijnen, doet ook van zich spreken in het onderzoek van weer en klimaat. Het aërosol absorbeert zonnestraling én verstrooit het zonlicht. Daardoor hangt

de invloed op de warmtehuishouding van de dampkring niet alleen af van de eigenschappen van het aërosol, maar tevens van het terugkaatsingsvermogen van het onderliggende aardoppervlak. Daarnaast is er een beïnvloeding van de warmtehuishouding via een wisselwerking met bewolking; wolkenvorming, neerslagvorming en de optische eigenschappen van wolken hangen samen met het atmosferisch aërosol. Klimatologen die de invloed van woestijnstof op de warmtehuishouding van de aarde goed willen inschatten, moeten dus niet alleen weten hoeveel woestijnaërosol er gemiddeld genomen in de lucht zit, maar ook waar het zich bevindt en hoe de wisselwerking met bewolking in zijn werk gaat. De hoeveelheid woestijnstof hangt bovendien af van de omvang van de stofbronnen. Door menselijke activiteiten, zoals landbouw en ontbossing, is het 'stofareaal' op aarde in omvang toegenomen en neemt het nog steeds toe. Volgens sommige schattingen zou dertig tot vijftig procent van het stof in de atmosfeer een direct gevolg zijn



3. Stofstorm over de Rode Zee, 11 juli 2002. Onder de stofwolk is het kouder dan zonder stof in de lucht; het temperatuurverschil wordt in het getoonde gebied geschat op twee graden. Opname van de MODIS op de Amerikaanse satelliet Aqua.

van menselijk ingrijpen aan het aardoppervlak. Het stofareaal reageert op eventuele klimaatveranderingen; het dijt uit bij verdroging en wordt minder effectief als het vaker regent. Het satellietbeeld van figuur 1 is afkomstig van de SeaSTAR-satelliet. Deze satelliet cirkelt op een hoogte van ruim 700 km in een polaire baan om de aarde. Aan boord bevindt zich slechts één waarnemingsinstrument: de Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS), bedoeld voor onderzoek aan de oceanen en als prototype van toekomstige generaties satellietensoren. De beide andere satellietbeelden werden vanaf dezelfde hoogte gemaakt door de MODIS (MOderate Resolution Imaging Spectroradiometer) van de satellieten Terra en Aqua van het Earth Observing System (EOS) van het Amerikaanse ruimtevaartagentschap NASA.

Literatuur:

Sokolik, I.N., 2003, Dust; in: Holton, J.R., Curry, J.A. & Pyle, J.A., Encyclopedia of Atmospheric Sciences, vol. 2, Amsterdam, Academic Press.

www.clairedelune.nl

telescopen

Nieuw dew-removers van Kendrick

Nieuw astrofilters van SiriusOptics

Nieuw dubbel-DVD over ons zonnestelsel

verrekijkers

CCD-camera's

notebooks

powerpacks

Meade LX200GPS8

UHTC-coating
computersturing
GPS-positionering
motofocus
26mm SuperPlössl
driepoot statief

inclusief
Claire de Lune aanbieding
powerstation
elektronisch oculair

€ 4.395,-

Claire de Lune • Amsterdam

tel.: 020 4112937 • 06 26214237 • fax: 020 6673220

StarlightXpress
Meade
Celestron
Vixen

SkyWatcher
TeleVue
Kendrick
Einhell

Sirius Optics
Otsuka
NewCon
Sony