

Sporen van scheepvaart op satellietbeelden

KEES FLOOR

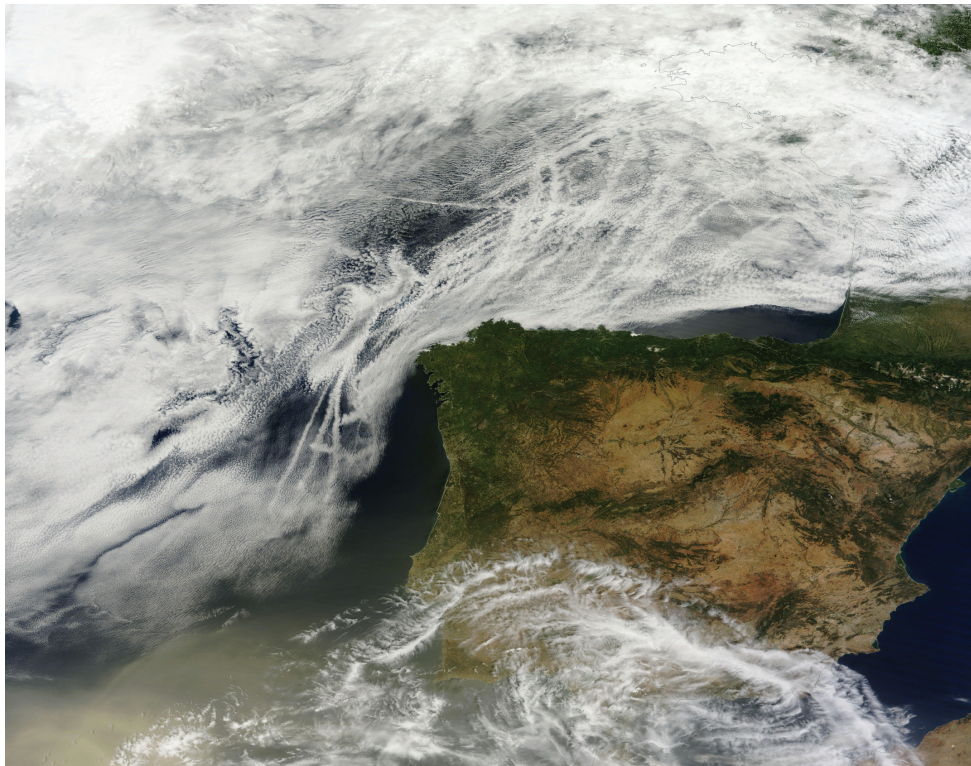
De scheepvaart laat op de beelden van aardobservatiesatellieten soms sporen achter die de aanwezigheid van de schepen verraden. Zo zijn op 'momentopnamen' in het zichtbaar licht nu en dan langwerpige, door schepen veroorzaakte wolkenpluimen te zien in stratocumulusvelden boven zeeën en oceanen. Daarnaast tonen vergelijkbare nachtopnamen van het VIIRS dag/nachtkanaal af en toe lichtpuntjes die vooral afkomstig zijn van de in sommige regio's rijkelijk van verlichting voorziene vissersboten. De visserijlichten en de patronen waarin ze zich voordoen zijn extra duidelijk waarneembaar als niet wordt gewerkt met momentopnamen, maar informatie van verscheidene dagen of perioden in één beeld wordt gepresenteerd. Tenslotte kunnen we op satellietbeelden van NO₂-concentraties sommige veelgebruikte scheepvaartroutes gemakkelijk terugvinden; de informatie moet dan bij voorkeur wel betrekking hebben op perioden van enkele jaren.

Scheepswolken op VIS-beelden

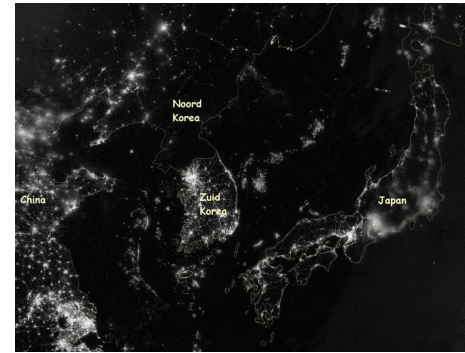
Bij rustig weer aan de flanken van hogedrukgebieden boven de oceaan laten schepen af en toe langwerpige wolkensporen achter in de uitgestrekte stratocumulusvelden aan de bovenzijde van de maritieme grenslaag. De sporen waariën enigszins uit, lijken soms wat te zigzaggen en hebben daardoor wel wat weg van rookpluimen (Fig. 1). Ze lijken zich, anders dan wolkenstraten (evenwijdig aan de windrichting) of lijgolgen achter berggten (loodrecht op de wind), weinig aan te trekken van de heersende windrichting. Dergelijke scheepswolken (Engels: *anomalous cloud lines*, *ship trails of ship lines*) kun-

nen tot duizend kilometer lang worden en variëren in breedte van enkele kilometers, dicht bij het schip, tot enkele tientallen kilometers op grotere afstand. De wolkenpluimen blijven enkele uren tot enkele dagen in tact.

Scheepswolken ontstaan doordat scheepsmotoren verbrandingsgassen uitstoten die warmer zijn dan de omringende lucht; ze stijgen daardoor langzaam op naar de bovenkant van de maritieme grenslaag. De verbrandingsproducten bestaan onder andere uit zwaveldioxide, dat hygroscopische sulfaatdeeltjes kan vormen. De sulfaatdeeltjes fungeren als



Figuur 1. Scheepswolken boven de Golf van Biskaje en voor de kust van Portugal, 25 juni 2012. De bruine tinten links onder worden veroorzaakt door Saharastof. Bron: Terra/MODIS, NASA.



Figuur 2. Nachtelijk zichtbaarlichtbeeld (VIIRS/DNB) van de Oost-Chinese Zee, 24 september 2012. Er zijn daar talrijke, van verlichting voorziene vissersboten actief. Zuid-Korea baadt in het licht; in Noord-Korea is het donker. Bron: NASA.

effectieve condensatiekernen. In de rookpluim is het aantal condensatiekernen veel groter dan daarbuiten. Dit geldt des te sterker voor de oceaanlucht waarin de scheepswolken zich gewoonlijk vormen; deze blijkt namelijk van zichzelf relatief schoon te zijn en weinig werkzame condensatiekernen te bevatten. Daarom zien we de scheepswolken ook alleen op de oceanen. Boven de Middellandse Zee of de Oostzee zijn ze nooit waargenomen omdat de lucht er altijd over land komt aanwaaien en daardoor niet zuiver genoeg is. Boven de Noordzee komen wolken sporen van schepen wel eens voor; bij noordwestenwinden kan de zuivere oceaanlucht namelijk ook over de Noordzee uitstromen.

Het aantal druppeltjes in de stratocumulus neemt door de extra condensatiekernen uit de rookpluim toe en de wolk gaat meer zonlicht terugkaatsen. Verdere uitbreiding en uitdunning van het wolken spoor naar boven toe wordt tegengegaan door de subsidentie-inversie aan de bovenzijde van de maritieme grenslaag. Soms ontstaan aan beide zijden van het wolken spoor neerwaartse bewegingen die de eventueel aanwezige bewolking naast de scheepswolken doen verdwijnen. Als het proces van wolkenvorming enige tijd heeft geduurd, is het schip zo ver weg dat geen nieuwe uitlaatgassen de wolk nog kunnen bereiken. Het wolken spoor dijt uit en wordt breder dan een jonger gedeelte van dezelfde scheepswolk.

Visserij op VIIRS/DNB-beelden

Schepen kunnen hun aanwezigheid ook verraden door het overvloedig gebruik van licht. Dat doen ze bijvoorbeeld boven de Atlantische Oceaan bij de vangst van pijlinktvis in de wateren rond Argentinië en de Falklandeilanden (niet afgebeeld). Ook op de Oost-Chinese Zee en de daarvan deel uitmakende Gele Zee hanteren de vissers felle lichtbronnen. De verlichting is zichtbaar op momentopnamen in het dag/nachtkanaal (DNB) van de Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) op de Amerikaanse aardobservatiesatelliet Suomi-NPP (bijvoorbeeld Fig. 2). Op de nachtelijke zichtbaarlichtbeelden zijn daar talrijke lichte plekken te zien, veroorzaakt door vissersboten; de lichten van deze schepen vertonen veelal lijnvormige patronen, zoals op de Gele Zee duidelijk is te zien. De patronen met lichtbronnen volgen de grenzen van rijke visgronden, de landsgrenzen of de grenzen van exclusieve economische zones, waarin de burgers van het eigen land als

enigen visrechten bezitten.

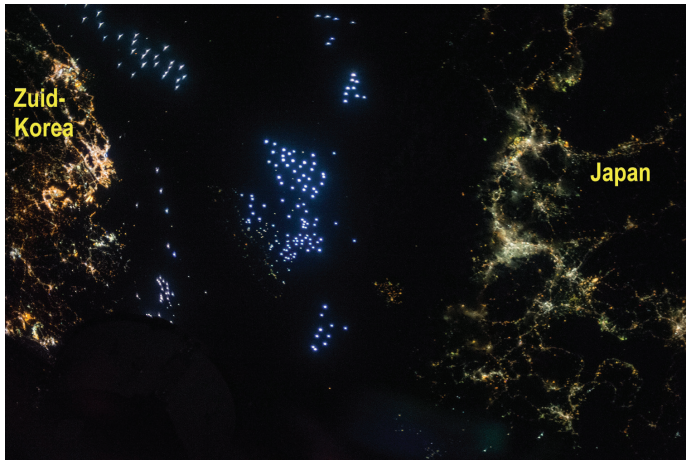
Fig. 2 toont data van één overkomst van de VIIRS op 24 september 2012. Als informatie van verscheidene dagen of perioden in één beeld wordt gepresenteerd worden de visserijlichten en de daarbij optredende patronen nog duidelijker zichtbaar. Zo geeft Fig. 3 een 'optelsom' van wat er is waargenomen tijdens 312 omwentelingen van de Suomi-NPP op 9 dagen in april 2012 en op 13 dagen in oktober 2012. Het markantst is nu de strakke, oostelijke begrenzing van een gebied met een overvloed aan visserijlichten ten zuiden van het door talrijke lichten van vissersschepen omgeven Zuid-Koreaanse eiland Jeju. De contouren van het eiland tekenen zich overigens eveneens duidelijk af door de vele lichtbronnen in de buurt van de kust.

Fig. 3 is een detail uit de door NASA gepubliceerde zogeheten *black marble* beelden, waarin de posities van nachtelijke lichtpuntjes van over de hele aardbol in gele tinten zijn weergegeven op een gekleurde achtergrond. Talrijke steden, verkeerswegen en andere sporen van menselijke activiteit of aanwezigheid in de nacht, zijn op deze beelden terug te vinden; ze geven, zoals NASA het enigszins hoogdravend formuleert, de voetafdruk van de menselijke beschaving op aarde. De *black marble* beelden bevatten geen informatie over de kleuren van de lichtbronnen; elke lichtbron heeft dezelfde tint. Vergelijking met foto's vanuit het ISS laat zien dat de werkelijkheid kleurrijker is. Fig. 4 toont visserijlichten in Straat Korea, tussen Zuid-Korea en Japan; de zeestraat verbindt de Oost-Chinese Zee met de Japanse Zee. De lichten hebben de blauwe tint van xenon-lampen. De buitenverlichting van Zuid-Korea neigt meer naar oranje, de kleur van kaliumlicht, terwijl in de Japanse verlichting het groen van kwiklampen beter is vertegenwoordigd.

Figuren 2 en 3 tonen ook duidelijke verschillen in aantallen lichtbronnen tussen het noorden en het zuiden van het Koreaans Schiereiland. Wereldwijd staat Zuid-Korea op een tiende plaats voor wat betreft energieverbruik, terwijl we Noord-Korea terugvinden op positie 73.



Figuur 3. De Oost-Chinese Zee bij nacht. Data verzameld door VIIRS/DNB op 9 dagen in april 2012 en op 13 dagen in oktober 2012. Bron: NASA.



Figuur 4. Blauwgetinte visserijlichten boven Straat Korea, 11 oktober 2013. Foto gemaakt vanuit het ISS. Bron: NASA/ISS037-E-12066.

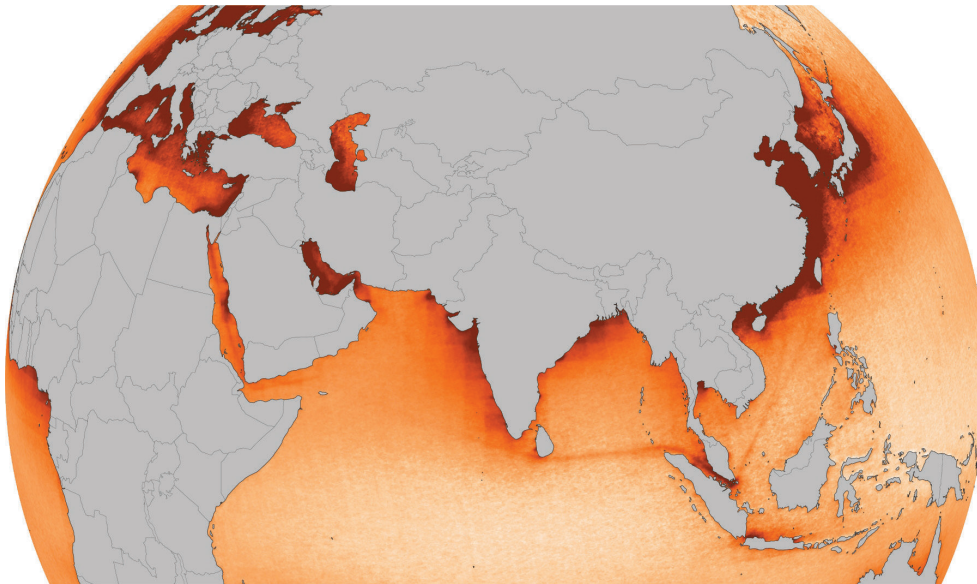
Scheepsroutes op OMI-beelden

Een derde manier waarop schepen op satellietbeelden sporen van hun aanwezigheid kunnen achterlaten, is via de uitstoot van de scheepsmotoren. Deze bevat onder andere stikstofdioxide (NO_2), waarvan de concentraties vanuit de ruimte geme-ten kunnen worden door instrumenten als de Nederlands-Finse OMI (Ozone Monitoring Instrument) op de Amerikaanse

satelliet Aura, de Gome (Global Ozone Monitoring Experiment) op de ESA-satelliet ERS-2, de GOME-2 op de MetOp-A en de SCIAMACHY op de Envisat. Zo toont Fig. 5 OMI-metingen van NO_2 over de periode 2005 tot 2012. De scheepsroutes tekenen zich af in een donkerder tint oranje (veel NO_2) tegen een achtergrond van lichter oranje (minder NO_2). Het meest markant is de route van Sri Lanka naar Singapore. Verder zijn er routes te volgen van Singapore naar het noordoosten, op de Rode Zee en op de Golf van Aden.

Ook op de Grote Oceaan en de Atlantische Oceaan is de scheepvaart intensief; de OMI-metingen tonen er echter geen duidelijke scheepsroutes. Ze waaieren er

namelijk uit doordat men gebieden met ruig weer probeert te 'omzeilen' en de vormen van de continenten de scheepsroutes hier minder in een keurslijf dwingen. Verder is er in de buurt van de continenten ook verontreiniging afkomstig van bronnen op het land of de offshore-industrie die de sporen van de scheepvaart maskeert.



Figuur 5. Concentraties NO_2 volgens OMI-metingen over de jaren 2005-2012. Intensief gebruikte scheepsroutes teken zich donkerder af tegen een lichtere achtergrond. Bron: NASA.



Bachelor of Science Bodem, Water, Atmosfeer



Master of science in Meteorology and Air Quality

Meteorologie en Luchtkwaliteit
Wageningen Universiteit

www.maq.wur.nl

Contact

Leo Kroon

leo.kroon@wur.nl

Informatie over toelating

www.wageningenuniversity.nl/NL/Informatie+voor/

