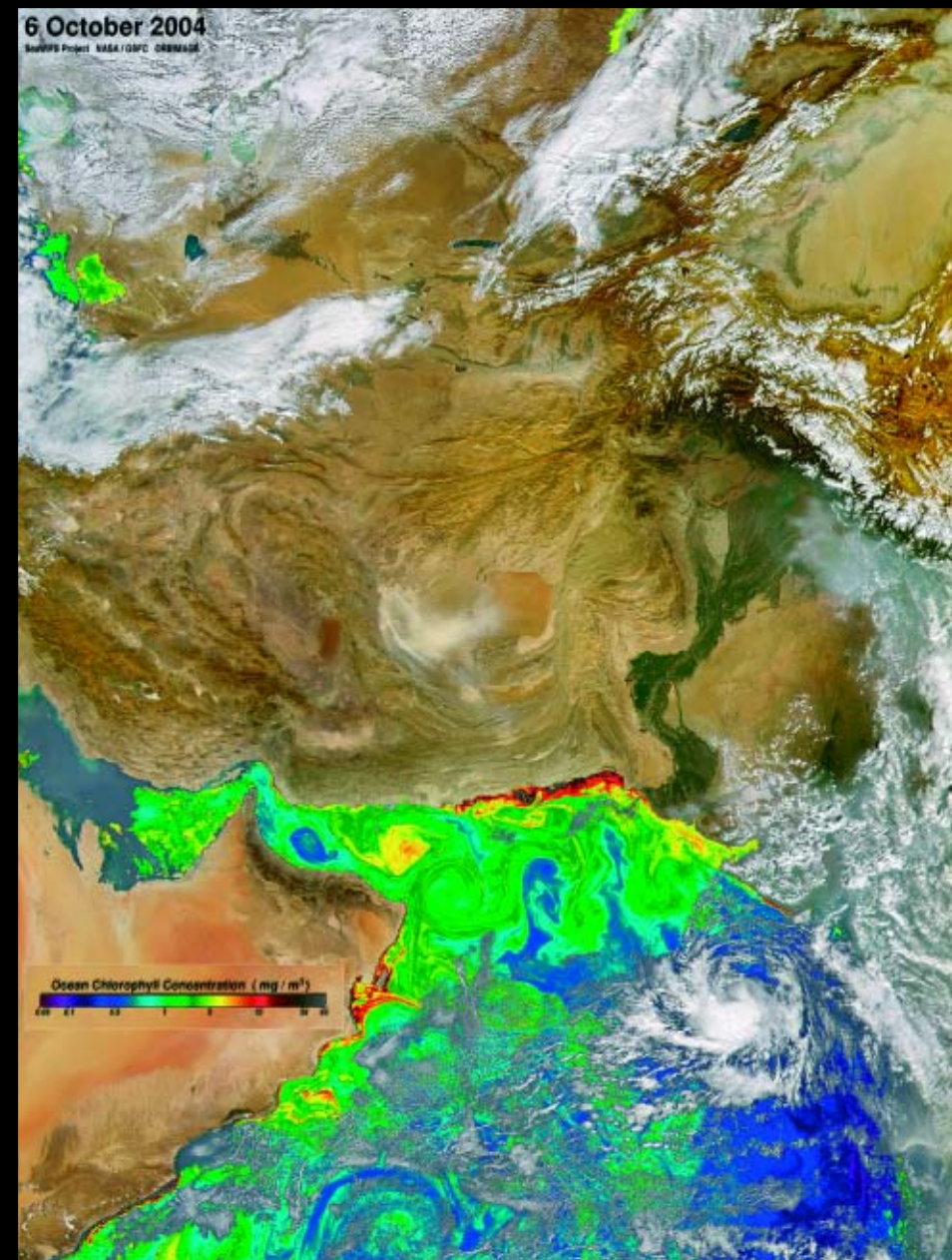
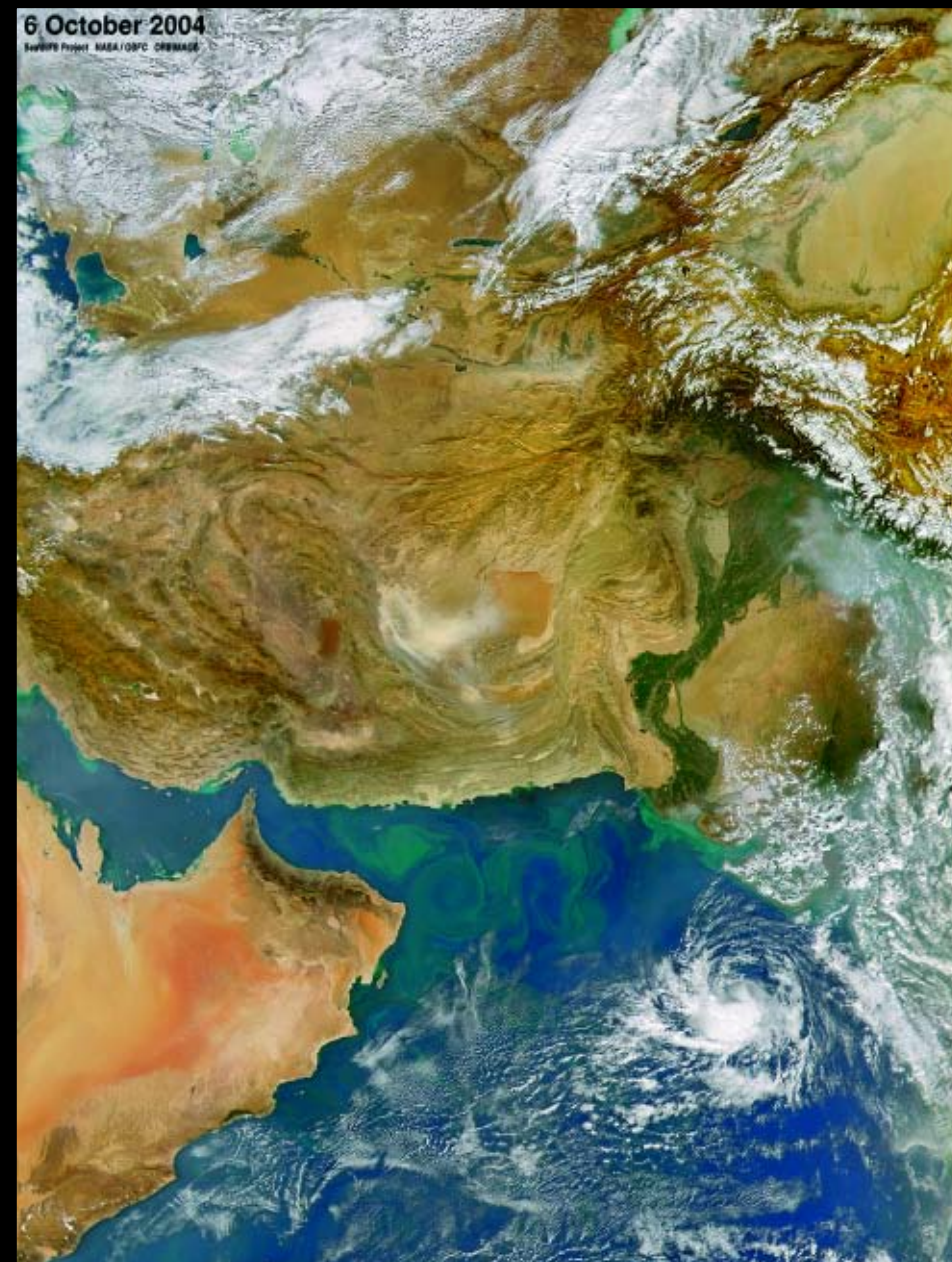
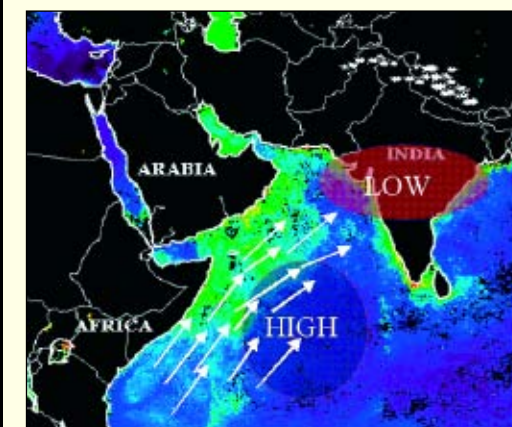


a. Algenbloei in de Arabische Zee in ware kleuren, 6 oktober 2004. Het chlorofyl, dat het fytoplankton gebruikt om zonlicht om te zetten in voedsel, geeft het zeewater een groene tint. (Instrument: SeaWiFS; satelliet: Seastar. Bron: NASA/GSFC SeaWiFS Project)



b. Chlorofylconcentraties in de Arabische Zee, 6 oktober 2004. De algen groeien in grote wervels die de stromingen van het oppervlaktewater volgen. De hoogste concentraties doen zich voor langs de kusten waar opwelling een extra aanvoer van voedingsstoffen verzorgt. (Instrument: SeaWiFS; satelliet: Seastar. Bron: NASA/GSFC SeaWiFS Project)

De afgelopen zeven jaar is door de opwarming van de aarde de omvang van de sneeuwbedekking in Zuidwest-Azië en de Himalaya in de winter en het voorjaar drastisch afgenomen. Tegelijkertijd begon in de Arabische Zee vaker algenbloei op te treden. Dat blijkt geen toevallige samenloop van omstandigheden. De zomerse zuidwestmoesson waait nu door de terugtrekkende sneeuw namelijk krachtiger dan vroeger. Dat leidt op zee tot grotere velden met bloeiende algen, wat in extreme gevallen massale vissterfte te weeg kan brengen. Daarnaast vormt zich in zuurstofarm zee-water gemakkelijk lachgas, een broeikasgas dat driehonderd maal zo krachtig is als CO₂.



1. Luchtdrukverschillen boven de Arabische Zee in de zomer. Boven het opgewarmde land van India is de luchtdruk laag. Het water van de Arabische Zee en de Indische Oceaan is relatief koel; de luchtdruk is daar hoger. Deze luchtdrukverdeling veroorzaakt de zuidwestmoesson, die met pijlen is weergegeven. De ondergrond van de figuur is een chlorofylbeeld van SeaWiFS. Hoge chlorofylconcentraties in het westen van de Arabische Zee hangen samen met opwelling langs de kust. (Bron: Bigelow Laboratory for Ocean Sciences, Boothbay Harbor, Maine en NASA/GSFC SeaWiFS Project)

Meer algenbloei in de Arabische Zee

De Arabische Zee is het noordwestelijk gedeelte van de Indische Oceaan tussen het Arabisch Schiereiland, Pakistan en India. Het is het enige oceaangebied waar de moessonwinden als een enorme zeewindcirculatie met een stipte halfjaarlijkse regelmaat van richting veranderen. De sterkte van de moesson hangt af van het temperatuurverschil tussen land en water. In de zomerperiode, die er

van juni tot en met september of oktober duurt, leidt de verhitting van het landoppervlak tot een lage luchtdruk boven Azië. Boven de Indische Oceaan is de luchtdruk dan hoog. Deze luchtdrukverdeling brengt een zuidwestmoesson op gang en houdt die de hele zomerperiode in stand (fig. 1). In de winter is de situatie omgekeerd. Van november tot en met februari waait er een noordoostmoesson.

Moesson en opwelling

De zomerse moessonwinden vanuit het zuidwesten genereren de regen voor een derde van de wereldbevolking. De wind waait min of meer evenwijdig aan de kusten van Somalië, Jemen en Oman en kan af en toe windkracht 8 bereiken. Het weggeblazen oceaانwater wordt aangevuld door water dat afkomstig is uit de diepere lagen van de oceaan. Dit proces heet *opwelling*.

Hierdoor komt voedselrijk water naar het oceaanooppervlak, waarvan de algen profiteren. De wind voert soms nog mineralen mee van het vasteland, die in zee neerdalen en daar een extra aanvulling van voedingsstoffen voor algen leveren. Langs de genoemde kusten komt dan ook veel fytoplankton en biomassa voor. Deze staan aan de basis van de voedselketen in de oceaan en fungeren letterlijk als visvoer. Het gebied wordt dan ook tot de rijkste visgronden ter wereld gerekend.

Een krachtiger moesson veroorzaakt meer opwelling en neemt meer mineralen mee. Dat levert meer voedingsstoffen op voor de algen, die daardoor beter gedijen. Voorwaarde is overigens wel dat er voldoende zonlicht beschikbaar is. In juni en juli is het boven grote

delen van de Arabische Zee overwegend bewolkt, waardoor de hoeveelheid zonlicht die op het oceaanooppervlak invalt niet maximaal is. Daardoor valt de piek van de algenbloei in dat gebied gewoonlijk in de periode van augustus tot oktober. Dat is later dan elders. In de noordelijke Atlantische Oceaan bijvoorbeeld piekt de algenbloei in april. In de loop van oktober begint de wind te draaien, als overgang naar de winterse noordoostmoesson. Daarbij loopt de beschikbare hoeveelheid voedingsstoffen terug, zodat de algenbloei over zijn hoogtepunt heen raakt. Door deze gang van zaken is er een grotere jaarlijkse variatie in de productie van biomassa dan waar ook ter wereld.

Sneeuw en algenbloei

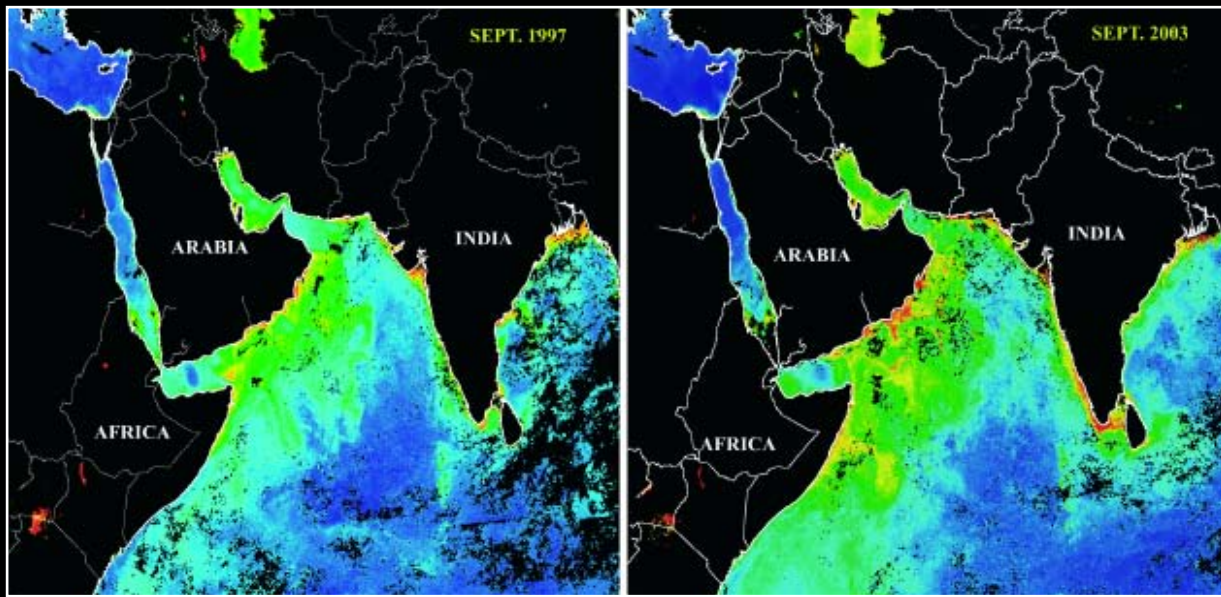
De sterkte van de zomerse zuid-

westmoesson blijkt mede te worden bepaald door de omvang van de sneeuwbedekking boven het Aziatische vastland in de voorafgaande winter. Als er 's winters meer sneeuw ligt, is de bodem in de daaropvolgende zomer minder warm. De binnenkomende energie van de voorjaarszon gaat eerst op aan het smelten van het sneeuwdek en het verdampen van de door smeltwater nat geworden bodem. Als er veel sneeuw ligt, wordt er ook meer zonlicht teruggekaatst. Dat leidt tot aanhoudend lagere wintertemperaturen en daarmee tot een koudere start van de zomer. Is er minder sneeuw dan normaal, dan is het omgekeerde het geval. Het land warmt in dat geval 's zomers sterker op, wat de zuidwestmoesson doet aantrekken. Weerwaarnemingen laten zien dat

Kees Floor*

* Kees Floor is wetenschapsjournalist en weerpublicist. Veel van zijn bijdragen aan Zenit (en andere tijdschriften) zijn te vinden op: www.keesfloor.nl.

3. Beelden van chlorofylvelden in de Arabische Zee in 1997 en 2003 tonen een sterke toename van de algenbloei. (Bron: Bigelow Laboratory for Ocean Sciences, Boothbay Harbor, Maine en NASA/GSFC SeaWiFS Project)



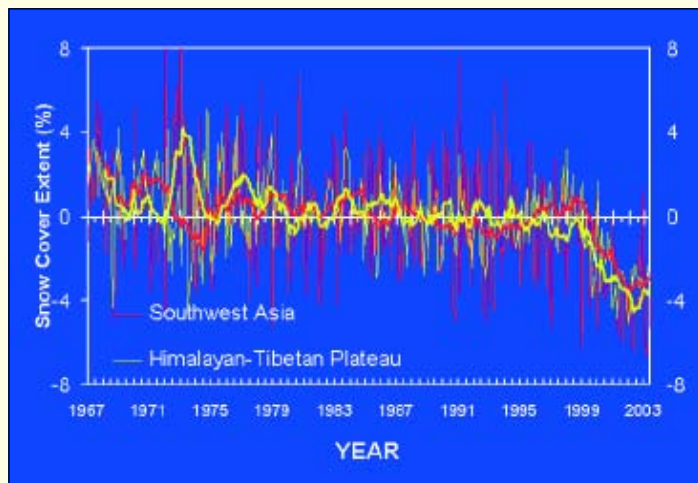
de omvang van het sneeuwdek in Zuidwest-Azië, in het gebied van de Himalaya en op het Hoogland van Tibet, sterk aan het afnemen is, vooral sinds 1997 (fig. 2). Tegelijkertijd is de kracht van de zuidwestmoesson toegenomen. Ook zijn de velden met algenbloei groter geworden, zoals uit metingen van de Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS) van de satelliet Seastar kan worden afgeleid (fig. 3). Daarmee is echter niet alleen de voor vis beschikbare hoeveelheid voedsel toegenomen. De kans op zuurstoftekorten in het diepere oceanwater onder de velden met algenbloei wordt eveneens groter. Dat vormt juist een bedreiging voor de visstand. Volgens medewerkers van de vakgroep oceanografie en visserij van de Sultan Qaboos Universiteit in Oman zijn er al enkele gevallen van massale vissterfte opgetreden.

Over zuurstofarm water maakt men zich ook om andere redenen zorgen. Het levert de ideale omstandigheden voor de groei van bacteriën die nitraten afbreken. Daarbij ontstaat onder meer N_2O , beter bekend als lachgas. Dit broeikasgas is driehonderd maal zo effectief als koolstofdioxide. Zo versterkt de opwarming van de aarde uiteindelijk zichzelf. Dat gebeurt dus via de lange 'omweg' van een afname van de sneeuw in Azië, een krachtiger worden van de zuidwestmoesson boven

de Arabische Zee, een toename van de algenbloei in die zee, het ontstaan van zuurstofarm zeewater tijdens extreme bloeiperioden, de groei van bacteriën die nitraten afbreken, en de vorming van lachgas dat uit de oceaan weglekt, in de atmosfeer terecht komt en bijdraagt aan het versterkte broeikaseffect.

Literatuur:

Goes et al., 'Warming of the Eurasian Landmass Is Making the Arabian Sea More Productive', *Science* **308**: 545-547, 22 april 2005.



2. Afwijkingen van het maandelijks gemiddelde percentage van de omvang van het sneeuwdek in Zuidwest-Azië (rood), de Himalaya en het Hoogland van Tibet (geel) tussen 1967 en 2003. Vooral vanaf 1997 neemt de omvang van het sneeuwdek sterk af. (Bron: Bigelow Laboratory for Ocean Sciences, Boothbay Harbor, Maine)

POLARIS OPTISCHE INSTRUMENTEN

Nieuw: MEADE serie 5000 oculairs

	5 elementen plössl gezichtsveld 60° 1".25 5.5 mm - 9 mm - 14 mm - 20 mm - 26 mm 2" 32 mm - 40 mm
	supergroothoek gezichtsveld 68° 1".25 16 mm - 20 mm - 24 mm 2" 28 mm - 34 mm - 40 mm
	ultra groothoek gezichtsveld 82° 1".25 4.7 mm - 6.7 mm - 8.8 mm - 14 mm en 18 mm 2" 24 mm - 30 mm

POLARIS OPTISCHE INSTRUMENTEN
Nachtegaalstraat 76
3581 AM Utrecht Tel/Fax 030-2322569
e-mail: fa.polaris@wolmail.nl

Nu leverbaar!