
Weer-zien op de Wadden

door Prof. Dr. H.F. Vugts
Vrije Universiteit Amsterdam
Faculteit der Aard- en Levenswetenschappen
redactie: Natasja Vugts

Introductie

Begin september is het boek "Weerzien op de Wadden" verschenen, geschreven door H.F. Vugts, hoogleraar Meteorologie bij de Vrije Universiteit in Amsterdam. Hij begon zijn weer- en klimaatonderzoek in 1970 op het eiland Schiermonnikoog. Gedurende meer dan dertig jaar werden door hem, zijn medewerkers en studenten tientallen meetcampagnes uitgevoerd: van Texel tot Schiermonnikoog, maar ook in de Waddenzee zelf. Als uitvalbasis diende het weerstation "Het groene Glop" op Schiermonnikoog. De universiteit heeft hier een biologisch veldlaboratorium waar de studenten uit de fysische geografie en geologie, die de waarnemingen deden, gebruik konden maken van de aanwezige faciliteiten. Een tijdvak van dertig jaar is op voorschift van de Wereld Meteorologische Organisatie een officiële standaardperiode om het klimaat te beschrijven. Het boek, het enige in zijn soort over de Wadden, is alleen al daarom een belangrijk element voor meteorologen en klimatologen, maar iedere belangstellende, en zeker de aardwetenschapper, kan er zijn hart aan ophalen.

In "Weerzien op de Wadden" worden aan de hand van temperatuur, neerslag, wind en zonneschijn, alle aspecten van het weer en klimaat belicht. Daarnaast biedt het boek "Uitstapjes" over de invloed van een weerelement op mens, dier en landschap aan. De invloed is terug te vinden in vrijwel alles wat we waarnemen: stuivend zand, vliegende spinnen, windhozen, luchtspiegelingen. Ook wordt antwoord gegeven op veelgestelde vragen als "Word ik minder nat als ik hardloop in de regen?", en "Is het handig om een regenverzekering af te sluiten als ik met vakantie naar de Waddeneilanden ga?"

Tenslotte belicht het boek historische gebeurtenissen en wordt het weer op de Wadden van maand tot maand over de laatste dertig jaar bekeken. Een aantal noodzakelijke tabellen vatten het klimaat cijfermatig samen.

Op verzoek van de redactie belicht professor Vugts een paar aspecten van dit boek.

Een veel gestelde vraag na het verschijnen van het boek was of na dertig jaar meten ook iets merkbaar is van een klimaatverandering. In principe is een periode van dertig jaar te kort om zoiets met enige zekerheid te kunnen constateren. Wel wordt er per weerelement een vergelijking gemaakt met voorafgaande dertigjarige periodes, dus bijvoorbeeld 1941-1970, en 1951-1980. En dan blijkt het volgende. Het is de vorige eeuw warmer geworden, maar dat is eigenlijk al bekend en de 0,3 à 0,4 °C maken geen spectaculaire indruk. Wel is gevonden dat het aantal zomerse (maximumtemperatuur 25 °C of meer) en tropische dagen (maximumtemperatuur 30 °C of meer) bijna is verdubbeld. Zo is de kans dat er op Schiermonnikoog een tropische dag optreedt bijna een keer per jaar, terwijl het midden vorige eeuw echt een zeldzaamheid was. De westelijke Waddeneilanden zullen, omdat ze verder in zee liggen, minder tropische dagen kunnen registreren door de temperende invloed van het water. Verder is gevonden dat de Waddeneilanden ook meedoen met koudegolven en dat het Waddenzee water daar minder invloed op heeft. Zo laten koudegetallen voor Schiermonnikoog zien dat bijvoorbeeld voor winters met Elfstedentochten het op Schiermonnikoog bijna net zo koud is geweest als in Leeuwarden. Met betrekking tot de neerslag kan gesteld worden dat het de

laatste vijftig jaar iets natter is geworden; op een jaarsom van 800 mm bedroeg de toename dertig tot vijftig mm. Verder werd gevonden dat in het voorjaar en begin van de zomer de westelijke Waddeneilanden droger zijn dan de oostelijke, terwijl in de herfst dit juist andersom is.

De Waddeneilanden zijn met een windsnelheid gemiddeld over het jaar van 7 meter per seconde het winderigste gebied van Nederland. Tenslotte is het Waddengebied ook de zonnigste plek van Nederland met Texel, Vlieland en Terschelling als koplopers met ongeveer 1650 uur zon per jaar.

Zoals in de inleiding al is aangegeven bevat het boek naast de meteorologie en de klimatologie ook een aantal "Uitstapjes" die meer aanleunen tegen de "Natuurkunde van het vrije veld". Daarvan worden er nu twee behandeld namelijk de sortering van linker- en rechterkleppen van schelpen en vervolgens stuivend zand, ribbels en duinvorming.

Vind je aan het strand meer linker dan rechterkleppen van schelpen?

De geschiedenis van het schelpenonderzoek begint bij een kerkbezoek van professor Lever van de VU in de jaren vijftig. Tijdens de preek, die hem niet kon boeien, ontdekte hij in zijn zak de verzamelde schelpen van de afgelopen dagen en hij begon ze discreet op de kerkbank uit te leggen. Hierbij viel het hem op dat er duidelijk meer linker dan rechterkleppen aanwezig waren.

De vraag die natuurlijk direct bij hem opkwam was, of dit toeval was of dat er werkelijk een of ander mechanisme aanwezig was dat deze sortering veroorzaakte. Nader literatuuronderzoek bracht aan het licht dat het verschijnsel slechts zeer sporadisch en bij toeval in de literatuur vermeld werd met betrekking tot schelpen. Nu was voor zand en andere deeltjes al lang bekend dat waterstromen een selectie veroorzaken afhankelijk vooral van de afmeting, vorm en gewicht. Verder onderzoek was dus wel gewenst om te zien hoe dat bij schelpen zat. Nadat aan de hand van natuurlijk materiaal verzameld op de stranden, met behulp van studenten, enkele sterke aanwijzingen waren gevonden dat er selectie plaatsvond van linker en rechterkleppen en ook of ze aangeboord waren of niet, stelde de Shell-prijs van 1959 Lever in staat om met namaakschelpen (in sommige kringen belazerschelpen genoemd) een systematisch opgezet onderzoek te doen. De nagemaakte schelpen waren van de soort het "zaagje", *Donax vittatus*, en werden gefabriceerd met drie verschillende lengtes (19,7, 24,2 en 28,7 mm lengte) en met drie verschillende specifieke gewichtsklassen (soortelijke massa 2,8, 2,3 en 1,8). Tenslotte werden in een aantal schelpen een of meer conische gaatjes geboord (diameter 1, 2 en 3 mm), deze waren identiek aan de gaatjes zoals ze door een roofslak (tepelhoorn) in de kleppen van de *Donax vittatus* worden geboord. Om ze goed herkenbaar te maken werden de schelpen in de heldere kleuren rood, blauw, geel, paars en groen gefabriceerd. Met in totaal 58.000 schelpen werden in een van de zomermaanden van 1962, 1963 en 1965 drie grote experimenten uitgevoerd op het west-oost georiënteerde Noordzeestrand van Schiermonnikoog. Tijdens laagwater werden de schelpen in een cirkelvormig gebied met een straal van 1 meter uitgelegd op het laagste gedeelte van het strand (afbeelding 1). Het centrum van de cirkel werd met een dunne ijzeren staaf gemarkeerd. Het aantal categorieën (een categorie is bijvoorbeeld: de grootste linkerklep of de kleinste rechterklep met één gaatje in het midden)



Afb. 1. Tijdens laagwater werden de schelpen in een cirkelvormig gebied met een straal van 1 meter uitgelegd. Foto: Faculteit Biologie, VUA

was bij twee experimenten 24 en bij het derde experiment 10. Nadat de vloed zijn werk had gedaan werden bij het volgende laagwater de schelpen verzameld in gemarkeerde vakken van 10 bij 10, 5 bij 5 of zelfs 1 bij 1 meter, waarbij de vakkenverdeling veelal afhankelijk was van de afstand tot het middelpunt van de cirkel en de mate van verspreiding. De schelpen die binnen de cirkel waren blijven liggen werden niet verzameld. Ook gedurende de volgende laagwaters werden getransporteerde schelpen verzameld. Per experiment verschilden de windsnelheid en windrichting en dientengevolge de golfhoogte en golfrichting met name loodrecht op de kust dan wel schuin op de kust. Wel was er steeds sprake van winden uit noordelijke richtingen. Na flink verzamelen, tellen en statistische analyses is het bewezen dat onder bepaalde omstandigheden er een duidelijke sortering optrad van linker en rechterkleppen. De onderzoekers konden deze sortering aan de hand van een eenvoudige redenering verklaren. Het verschil in transport tussen linker en rechterkleppen wordt veroorzaakt door de verschillen in draaiing die de schelpen in het water hebben: de rechterkleppen draaien tegen de klok in en de linker met de richting van de klok mee. Het



Afb. 2. Barchaanduin op Schiermonnikoog. Foto: J.W. Griede

gevolg is dat onder bepaalde condities juist meer linkerkleppen van de schelpen getransporteerd zullen worden terwijl bij andere condities, vooral bij tegengestelde stroomrichting, meer rechterkleppen getransporteerd worden. Verder vonden de onderzoekers dat grotere schelpen makkelijker vervoerd worden dan de kleinere exemplaren. Schelpen met gaatjes erin worden verder strandopwaarts getransporteerd dan schelpen zonder gaatjes. Deze laatste worden wel weer verder langs de kust vervoerd. Ook de grootte van de gaatjes was van invloed op het transport. Hoe groter de gaten, hoe slechter het transport. Tegelijkertijd was er nog een afhankelijkheid van het aantal gaatjes en van de plaats ervan (in het midden of uit het midden) en een invloed van het specifieke gewicht: hoe lichter de schelpen, hoe beter het transport.

Tenslotte: In het Noordwester museum op Vlieland wordt bij een expositie van gevonden schoenen aan het strand de opmerking gemaakt dat volgens een (niet gerefereerde) publicatie van Wageningen er op het bord zich meer linker dan rechter schoenen bevinden!

Stuivend zand, ribbels en duinvorming

De werking van de wind op de bodem is vooral goed waar te nemen aan het strand: stuiven, duinvorming, ribbels etc. zijn allemaal verschijnselen die vallen onder de naam eolische processen (eolisch = door de wind). De kinetische energie van de lucht wordt via wrijving overgedragen aan het water of het land. Boven water wordt dit zichtbaar gemaakt door de ribbels en de golven, boven land door bijvoorbeeld stuivend zand of sneeuw en door het bewegen en buigen van bladeren, stengels en bomen. Bij harde oppervlakken zoals ijs, asfalt of rotsen wordt de (wrijving)energie omgezet in warmte.

Lopen we bij harde wind over het strand dan zien we dat het bewegende zand niet veel hoger komt dan enkele tientallen centimeters. De reden is dat de individuele deeltjes springbewegingen maken, saltatie genaamd. Het korreltje beschrijft een gekromde baan en botst met grote kracht onder een flauwe hoek (6 tot 12 °) met de grond. Het korreltje kaatst hierbij weer de lucht in, waarbij andere korreltjes voortgeduwd worden. De energie van een botsend zandkorreltje is zo groot dat het in staat is een deeltje met een zes maal grotere diameter voort te duwen! Echter zullen de voortgeduwde grotere korrels langzamer vooruit bewegen dan de salterende korreltjes, zodat er een sortering plaatsvindt. De zwaardere blijven achter en beletten het onderliggende fijne zand om nog in beweging te komen.

Een ander effect van saltatie is de vorming van zandribbels, afbeelding 2. Wat ons dan het eerst opvalt op het strand is dat de ribbels overal loodrecht op de windrichting staan. De golfhoogtes liggen veelal in de buurt van de 10 centimeter. Verder bezitten de ribbels een typisch asymmetrisch profiel, steil aan de lijzijde en zacht glooiend aan de windzijde. Vaak vallen er ook kleurverschillen waar te nemen. Onder een aantal aannames geldt er een eenvoudig verband tussen de windsnelheid op bijvoorbeeld 10 meter hoogte, de golfhoogte van de ribbels en de diameter van de zandkorrels (in het Waddengebied variërend van 220 micrometer op Texel tot 160 op Schiermonnikoog). In formule: $u = 2,6 \times \sqrt{\text{golfhoogte}}$ waarbij u de windsnelheid in m/s en de **golfhoogte** in centimeters is. Zo werd gevonden dat het

stuifproces op Schiermonnikoog begon bij een windsnelheid van 6,1 m/s op 10 meter hoogte gemeten. In tabel I staan enkele waarden voor de windsnelheid en de bijbehorende golflengte van de ribbels gegeven. Met behulp van deze tabel kan dus uit de afstand tussen de ribbels de windsnelheid geschat worden.

Tabel I

Windsnelheid 10 m	Golflengte in cm
6,1	5,5
7,2	8,3
9,0	11,4

Bij hoge windsnelheden (ongeveer 8 m/s) worden alle korreltjes weggeveegd, zodat naast het verschil in korrelgrootte, de grootte van de windsnelheid essentieel is voor het ontstaan van zandribbels.

Hoeveel zand wordt er eigenlijk getransporteerd? Het zandtransport blijkt evenredig te zijn met de derde macht van de windsnelheid! Onder de omstandigheden van de foto betekent dit dat in een uur 130 kilo zand per meter breedte wordt 1 getransporteerd terwijl dit bij een windsnelheid van 10 m/s ongeveer 400 kilo zou hebben bedragen. Dit zijn dus enorme bedragen - deze kunnen dus mede verklaren waarom er zulke hoge duinen bestaan. Daarom gaan we nu de duinvorming bekijken.

Een duin is een accumulatie van zand, getransporteerd en gevormd door de wind. Duinen kunnen actief zijn, dan verplaatsen ze zich, of gefixeerd zijn, en dan zijn ze bedekt met vegetatie die verstuiven tegengaat. Het meest interessant zijn de actieve duinen. Een karakteristiek kenmerk is de steile helling aan de lijzijde van zo een duin. Er is een limiet voor de steilheid: bij droog zand bedraagt deze ongeveer 35 °. Wordt de helling te steil dan stort het duin gedeeltelijk in en wordt de top lager. Vervolgens wordt de helling door het stuiven weer steiler etc. Op deze wijze wordt het duin verplaatst.

Een andere karakteristiek is de totale vorm van een duin, waarvan de barchaan (sikkelduin), afbeelding 2, de meest sprekende is. Het ontstaan ervan begint vaak achter een obstakel (aan de lijzijde) waar, door cumulatie, een zandhoopje ontstaat. Wanneer er voldoende zand aanwezig is begint het in de richting van de wind mee te bewegen en neemt een sikkelvorm aan.

O.a. op Schiermonnikoog zijn bij een constante windrichting (een tot meerdere dagen) uit het noordoosten deze barchanen op het Noordzeestrand te bewonderen. Ze zijn met de bolle zijde naar de wind gekeerd en bewegen zich met een snelheid in de orde van 10 - 20 cm per uur.

De grote, meer algemeen bekende duinen zijn zogenaamde organogene duinen. Ze zijn vastgelegd om planten en struiken en hun omvang wordt in zekere mate bepaald door de groei van de planten, met name helm. De organogene duinen kennen specifieke vormen, afhankelijk van hun ontwikkelingsgeschiedenis. Op foto's zijn deze vormen soms goed te herkennen, afbeelding 3. Winderosie in de zeereep is een bron van zorg voor Rijkswaterstaat in verband met de veiligheid van het achterliggende gebied. Hoewel tegenwoordig een tendens te zien valt naar een "natuurlijk zeereepbeheer", waarbij de vorm van de zeereep bepaald wordt door natuurlijke processen, zal de zeeverende functie behouden moeten blijven. Daarom werden obstakels aangebracht om het zand aan de duinvoet vast te leggen. Dit gebeurt vaak door het plaatsen van takkenrijen en het planten van helm. Daar waar kleine maatregelen niet helpen wordt de zaak groots aangepakt door middel van aanzienlijke zandsuppleties (Texel, Vlieland). Uit onderzoek is gebleken dat het opspuiten het beste kan gebeuren met zand dat een hoog gehalte aan zware mineralen bezit.

De vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde van de UVA heeft een rijke historie in het onderzoek van verstuiven van duinen. In het kader van de regeling Effectgerichte Maatregelen is

er in verschillende open, droge duinterreinen langs de Nederlandse kust onderzoek gedaan naar de gevolgen van vergrassing en vermossing (veroorzaakt door de zure neerslag) en naar de effecten van de kleinschalige en grootschalige maatregelen hiertegen. Met kleinschalige maatregelen wordt bedoeld: maaien, plaggen, grondroeren en het toedienen van een kalkgift en kalkrijk zand strooien. Bij grootschalige maatregelen moet men denken aan begrazen en verstuiven. In het onderzoek is gevonden dat een voordeel van verstuiven is dat de landschappelijke verscheidenheid toeneemt. Er ontstaan gradiënten van onbegroeide kalkrijke plekken naar begroeide oppervlakkig ont-kalkte plekken. Verstuiven is uit den boze in de zeereep. Daar moeten juist de stuifkuilen vastgelegd worden. Uit onderzoek op Schiermonnikoog is gebleken dat het merendeel van de stuifkuilen daar binnen 15 jaar op natuurlijke wijze worden vastgelegd, waarbij algen een belangrijke rol spelen.



Afb. 3. Organogeen duin. Een vastgelegd paraboolduin op West-Terschelling. De "poten" wijzen in de richting waar de wind tijdens de vorming vandaan kwam. Foto: J.J. v.d. Meer

Maaien en plaggen hebben ook een positief effect op de soortenrijkdom en scheppen de mogelijkheid voor nieuwe soorten om zich te vestigen. Begrazen is een goede maatregel om vergrassing tegen te gaan en de soortendiversiteit te herstellen. Negatieve effecten betreffen vooral de pioniersvegetatie, die in dit geval geen kans krijgt.

Weerzien op de Wadden

Dertig jaar weer- en klimaatonderzoek in het Waddengebied door H.F. Vugts.

Uitgeverij Pirola. ISBN: 906455.3858. Pagina's: 232.

Formaat: 22 x 28 cm. Bindwijze: gebonden. Prijs: euro 19,90.