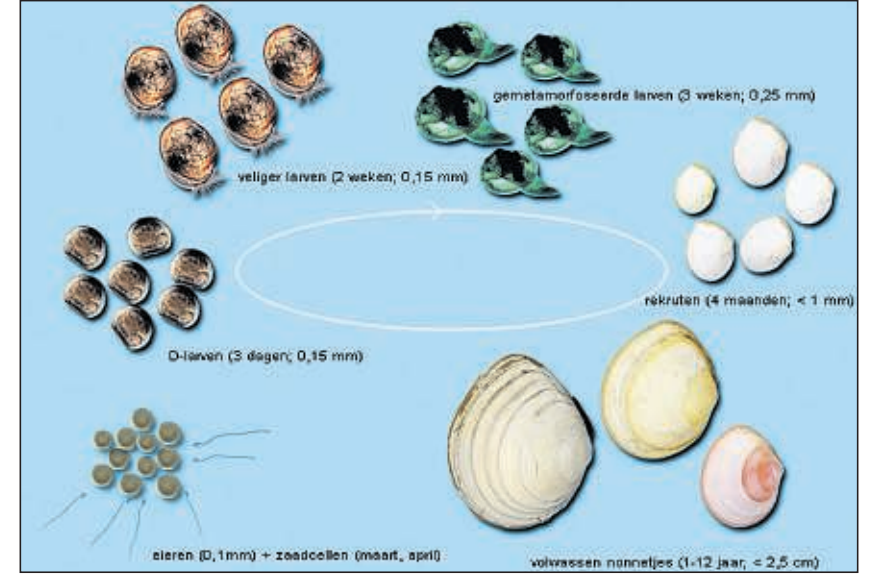




● Een laag voedselaanbod in het voorjaar kan uiteindelijk leiden tot een kleiner aantal jonge nonnetjes in de Waddenzee in het najaar.



● Levenscyclus van het nonnetje. Volwassen dieren produceren in maart zaad en eieren. Bevruchte eieren ontwikkelen zich via D-larven tot zwemmende larven met een velum, die na twee tot drie weken een gespierd graafvoetje vormen en op de bodem een plekje zoeken. Als ze zich eenmaal op het wad gevestigd hebben, zijn het juvenielen, niet-geslachtsrijpe dieren. Nadat onderzoekers ze in het najaar hebben geteld, worden ze rekruten genoemd. Bij volwassen dieren duiden jaarringen de leeftijd aan. Illustratie Oscar Bos, NIOZ



Foto ANP ● Larve van een nonnetje van twee weken oud, 0,2 millimeter groot. Foto Jolanda van Iperen, NIOZ

## Te vroeg of te laat geboren schelpdierlarve loopt algenbloei in Waddenzee mis Voedselgebrek houdt babynonnetje klein

Klimaatverandering lijkt de waddenkalender in de war te sturen. Het nonnetje –niet de vogel maar het schelpdier– plant zich soms voort op momenten dat er niet genoeg babyvoedsel voorhanden is. Gevolg is dat jongen van de *Macoma balthica* amper hun buikje kunnen rondeten.

De jaarlijkse hoeveelheid schelpdieren in de Waddenzee kan enorm schommelen. Soms zijn er tien nonnetjes per vierkante meter te vinden, terwijl in andere jaren de dichtheid kan oplopen tot honderden individuen. Bij kokkels doet zich hetzelfde voor, alleen nog extremer. Schaarste kan leiden tot een verhoogde sterfte onder wadvogels zoals kanoeten, scholeksters en eider-eenden, zeker als door de schelpdier- visserij extra tekorten ontstaan.

De variatie in de populatiegrootte van schelpdieren houdt biologen van het Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) op Texel al lang bezig. Sinds 1969 nemen zij tweemaal per jaar monsters op het Balgzand, een wadplaat tussen Den Helder en de Afsluitdijk. Dankzij dit langetermijnonderzoek staat inmiddels vast dat het aantal eenjarige nonnetjes enkele jaren later het aantal volwassen individuen bepaalt.

Maar hoe komt het dat er het ene jaar

veel jongen zijn en het andere jaar juist heel weinig? Oscar Bos slaagde erin een tipje van deze sluier op te lichten door zelf nonnetjes in een laboratorium te kweken en de baby's met algen te voeden. „Over de levensfase in de eerste drie weken –wanneer de larven rondzwemmen– was nog weinig bekend”, aldus de 31-jarige wetenschapper die deze maand aan de Rijksuniversiteit Groningen op dit onderzoek promoveerde.

### Hoge sterfte

Volwassen nonnetjes kunnen wel twaalf jaar oud worden –te zien aan de groeiringen op hun pastelleurige schelp– en zo groot als een euro. Wadlopers zullen ze echter niet ontdekken, want de tweekleppige dieren graven zich met behulp van een gespierd voetje enkele centimeters diep in het slib.

Met twee sifonen, een soort stofzuigerlangnetjes, houden ze contact met de buitenwereld. Behalve bij de aanvoer van voedsel en de afvoer van afvalstoffen spelen deze buisjes een rol bij het paaien.

Bos zag hoe het mannetje met de langetermijnonderzoek staat inmiddels vast dat het aantal eenjarige nonnetjes enkele jaren later het aantal volwassen individuen bepaalt.

graden Celsius heeft bereikt.

Na de bevruchting ontwikkelt zich binnen enkele dagen een larve mét schelpje. Het 0,15 millimeter grote omhulsel heeft de vorm van een hoofdletter D. Een paar dagen later beschikt de D-larve over een velum, een zwemorgaan, waarmee het zich met spiraalvormige bewegingen verplaatst. Het is tegelijk een filter waarmee het fytoplankton, kleine eencellige algen, uit het water zeft.

Na enkele weken is het jonge nonnetje groot genoeg om zich op het wad te vestigen. Het zwemorgaan verdwijnt geleidelijk en de larve ontwikkelt een voetje waarmee hij zich in het sediment kan ingraven.

In het zwemmende stadium is hij erg kwetsbaar voor uitspoeling naar open zee en voor roofdieren. De sterfte is enorm hoog, tot meer dan 99 procent. „Maar ook als de jonge nonnetjes zich op de wadbodem hebben gevestigd, legt wel 90 procent binnen vijf maanden het loodje”, zegt Bos, die daarvoor geen sluitende verklaring heeft.

In zijn onderzoek beperkte hij zich tot de rol van voedsel, „omdat dat vaak bepaalt hoeveel dieren ergens kunnen leven.”

Bos bootste verschillende voedselomstandigheden in de Waddenzee na en keek hoe de larven daarop reageerden.

„Opvallend was dat een beperkt voedselaanbod niet leidde tot een grotere sterfte in vergelijking met een ruim voedselaanbod. Uit mijn experimenten blijkt wel dat ondervoede larven langzamer groeien en er veel langer over doen om hun graafvoetje te ontwikkelen.”

### Voorjaarsbloei

Bos liet gedurende een voorjaar verschillende „geboortegolven” van nonnetjes opgroeien met het voedsel dat

zich op dat moment in het Marsdiep, het zeegat tussen Texel en Den Helder, bevond. Uit de experimenten blijkt hoe belangrijk een goede timing van de voortplanting voor de groei en ontwikkeling van de jonge schelpdieren is. Te vroeg of te laat geboren nonnetjes doen het veel minder goed dan de larven die zich precies op het moment van de voorjaarsbloei van de algen in het water bevinden. Deze algenbloei wordt echter niet bepaald door de wattertemperatuur, maar door de hoe-

veelheid daglicht die de zee kan binnendringen. Omdat het tijdstip van de voortplanting van de nonnetjes van jaar tot jaar verschilt, bestaat de kans dat de larven de bloei mislopen.

Een laag voedselaanbod tijdens de eerste levensfase werkt volgens Bos waarschijnlijk door tot in de volgende levensfase. „Als jonge schelpdieren kleiner zijn als ze zich op de bodem vestigen, kunnen ze een gemakkelijke prooi voor roofdieren zoals garnalen vormen. Op deze manier zou een laag

voedselaanbod in het voorjaar uiteindelijk kunnen leiden tot een kleiner aantal jonge nonnetjes in het najaar.”

Door de opwarming van de aarde zou dit effect alleen maar groter kunnen worden. De achteruitgang van het nonnetje in de Waddenzee wil Bos echter nog niet op het conto van klimaatverandering schrijven. „De invloed van tal van andere factoren is nog niet opgehelderd.”

Willem H. Smith

## Oceaan bepaalt vochtigheid Afrika

Jarenlang gingen wetenschappers ervan uit dat relatieve vochtigheid in de tropische regenwouden van Centraal-Afrika bepaald wordt door verschuivingen van moessonregenzones boven het land. Uit recent onderzoek blijkt dat verschillen in zeewatertemperatuur van de Atlantische Oceaan voornamelijk verantwoordelijk zijn voor neerslag en droogte in de tropen.

Onderzoekers van het Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) en de universiteiten van Bremen en Kiel baseren deze conclusie op sedimenten vlak bij de monding van de Congorivier voor de kust van West-Afrika. „Deze rivier voert veel plantenresten uit de tropische regenwouden van Centraal-Afrika mee. Deze plantenresten zijn op de zeebodem afgezet en vormen zo een archief van het klimaat op het land”, aldus dr. S. Schouten van het NIOZ.

De wetenschappers onderzochten een halfjaar lang de zeewatertemperatuur en de hoeveelheid waterstof in plantenresten van eeuwen geleden.

„Door subsidie van de NWO (Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek) konden we gebruikmaken van nieuwe apparatuur. Hiermee analyseerden we de hoeveelheid deuterium –een natuurlijke variant van waterstof met een twee keer zo grote massa– in plantenresten. Doordat de hoeveelheid deuterium in planten direct afhankelijk is van de hoeveelheid waterstof die via regen in de grond terechtkomt en door de planten wordt opgenomen, konden we de relatieve luchtvochtigheid bepalen”, aldus Schouten.

Uit de plantenresten bleek dat de hoeveelheid neerslag, en daarmee de relatieve vochtigheid en droogte, de afgelopen eeuwen sterk heeft gevarieerd. Schouten: „Van tevoren was het spanningsveld of de nieuwe techniek wel zou werken. Dat we dit hebben ontdekt, vind ik heel bijzonder.”

„Om de oorzaak van deze variatie te achterhalen, koppelden wij de verandering van de tropische vochtigheid aan de verandering van de oppervlaktetemperaturen van het water. Wij concludeerden dat er sterk contrasterende

zeewatertemperaturen tussen het tropische en het subtropische gedeelte van de Zuid-Atlantische Oceaan bestaan. Dit scherpe contrast zorgt voor grote luchtdrukverschillen boven deze oceaanonderdelen en voorkomt daarmee de toevoer van vochtige lucht vanuit de zee naar het land. Hierdoor blijft de regen uit”, aldus Schouten.

De grote verschillen in zeewatertemperatuur tussen het tropisch en het subtropisch gedeelte houden mogelijk verband met de verandering van de zogeheten Agulhas-wervels. NIOZ-promovenda A. van Veldhoven deed onderzoek naar deze sneldraaiende, 300 kilometer brede en 5 kilometer diepe, warme wervels in de Indische Oceaan. Zij concludeerde dat deze wervels veel warmte in de Atlantische Oceaan afgeven. Het snel kleiner worden van deze wervels heeft dan ook invloed op de zeewatertemperatuur. „Wij hebben dit niet meegenomen in ons onderzoek, maar ik sluit niet uit dat deze wervels een rol spelen bij de klimaatverandering in de tropen”, zegt Schouten.

Janita ten Voorde

## EXtrem: Het snelste robotvoertuig

Een auto die een circuit van ruim 200 kilometer aflegt met een gemiddelde snelheid van 30,7 kilometer per uur en vervolgens als eerste over de eindstreep rijdt. Dat klinkt niet als een wedstrijd anno 2005. Toch is het zo. Het bijzondere aan het voertuig is het ontbreken van een chauffeur.

De bestuurdersplaats van de door studenten van Stanford University omgebouwde Volkswagen Touareg is leeg. De ogen van het voertuig bestaan uit een set op het dak gemonteerde camera's. In plaats van een kaartlezer naast de bestuurder, zit er in de auto een nauwkeurig gps-systeem. Sensoren die het aantal wielomwentelingen vaststellen, helpen een handje bij de plaatsbepaling. Bij gebrek aan een gezond stel hersenen leveren zeven snelle computers in het inwendige van de auto het denkwerk. Tientallen keren per seconde berekenen ze de informatie die alle apparatuur aanlevert door, zodat de auto direct kan reageren op bochten, wegversperringen en andere voertuigen.

Dat is wel nodig ook, want een peulenschil is het circuit beslist niet. De reis voert door de Mojavewoestijn in de Amerikaanse staat Californië, een terrein met aanzienlijke hoogteverschillen. Deelnemende teams weten tot vlak voor de wedstrijd niet waar ze zullen rijden en mogen de route pas op het laatste moment in de computer zetten.

In een gebied vol obstakels kan een voertuig niet wachten op commando's van buitenaf, maar moet het vooral zelf beslissen. In wezen heb-



● Een onbemande tot robotvoertuig omgebouwde Volkswagen Touareg legde eerder deze maand een ruim 200 kilometer lang circuit vol hindernissen af in 6 uur en 54 minuten.

Foto Stanford Racing Team

ben de ontwerpers tot taak om de robotoauto te leren obstakels te onderscheiden, waarna hij zelf een alternatieve route moet berekenen. Maar de tijd daarvoor is beperkt; de wedstrijdleiding geeft de auto's niet meer dan tien uur de tijd om het circuit af te leggen: een gemiddelde rijdsnelheid van 24 kilometer per uur.

### Legertruck

De Volkswagen van Stanford University sleepte eerder deze maand tijdens de Grand Challenge 2005 de eerste prijs in de wacht door na 6 uur en 54 minuten de eindstreep te bereiken. Vier andere deelnemers bereikten ook binnen de gestelde tijd de eindstreep. De overige achtentien voertuigen waren te langzaam of raakten onderweg het spoor bijster.

De Grand Challenge is georganiseerd door Darpa, een onderdeel van het Amerikaanse ministerie van Defensie. Het instituut is verantwoordelijk voor de ontwikkeling van militaire technologie. Een slimme zet, zo'n wedstrijd. Het prijzengeld van 2 miljoen dollar weegt niet op tegen de kennis die de deelnemende teams met vallen en opstaan verwerven.

Het Amerikaanse leger toont grote interesse voor onbemande voertuigen. In gebieden als Irak en Afghanistan sneuvelen veel soldaten tijdens transporten. Vandaar dat in 2015 een op de drie bevoorradingsvoertuigen in het leger onbemand zijn weg moeten vinden. Daarbij wordt vooral gedacht aan het rijden in konvoien waarbij nog wel mensen nodig zijn, maar een stuk minder dan op dit moment.

tijd binnen.

Dat de ontwikkeling van onbemande voertuigen niet stilstaat, blijkt vooral uit het feit dat tijdens de vorige Grand Challenge in 2004 geen van de voertuigen de finish haalde. De beste kwam na bijna 12 kilometer met een kapot gereden band tot stilstand, en deed er ook nog eens ruim achtenhalf uur over om zo ver te komen.

### Janneke van Reenen-Hak

In Extrem komt elke twee weken een bouwwerk, natuurverschijnsel, technisch hoogstandje of iets anders aan bod dat zijn weerga niet of nauwelijks kent. Eerdere afleveringen van deze serie zijn te vinden in de rubriek wetenschap van onze digitale krant, [www.refdag.nl](http://www.refdag.nl).