

# In de verdediging

| In defence

*Pas gepromoveerden brengen hun werk onder de aandacht.*

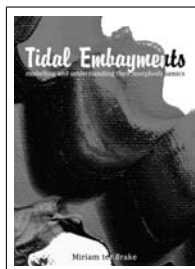
Redacteur: Geertje Hek

la Voie-du-Coin 7

1218 Grand-Saconnex

Zwitserland

verdediging@nieuwarchief.nl



## Tidal embayments

*Miriam ter Brake*

Ruim tien jaar geleden had niemand verwacht dat Miriam ter Brake ooit zou gaan promoveren in de wiskunde, zij zelf misschien nog wel het minst. Op de middelbare school wist ze namelijk zeker dat ze later stedenbouwkundige wilde worden. Na haar havo eindexamens ging ze dan ook naar Amsterdam om bouwkunde te studeren. Toen ze na een paar maanden de wiskunde begon te missen, is ze zelf een vwo-cursus wiskunde B gaan doen bij het LOI. De wiskunde vond ze zo veel leuker dan al die bouwdetails dat ze na het behalen van haar propedeuse en wiskunde-B-certificaat is overgestapt naar Technische Wiskunde aan de TU Delft. Aan diezelfde universiteit verdedigde ze op 15 maart 2011 haar proefschrift *Tidal embayments: Modelling and understanding their morphodynamics*, dat ze schreef onder begeleiding van Henk Schuttelaars en Arnold Heemink.

## Getijdebekkens

Het doel van Ter Brakes onderzoek was het modelleren en begrijpen van getijdebekkens. Getijdebekkens komen veel voor in kustgebieden over de hele wereld. Deze bekkens bestaan altijd uit een bassin en een zeegat dat het bassin verbindt met de zee. Het Friese Zeegat is zo'n getijdebekken, gelegen in de Waddenzee tussen de eilanden Ameland en Schiermonnikoog. Dit specifieke bassin is verbonden met de zee door twee inhammen die gescheiden worden door een zandplaat, de Engelsmanplaat.

Getijdebekkens zijn zeer dynamisch. Bij sterke eb- en vloedstromen worden grote hoeveelheden sediment van de bodem opgewoeld. Eenmaal 'zwevend' in het water wordt dit sediment getransporteerd door middel van diffusieve processen (verplaatsing veroorzaakt door verschillen in de sedimentconcentraties) of advectieve processen (verplaatsing van het sediment door stromingen). Onder invloed van de zwaartekracht kan dit sediment weer naar de bodem zakken en dit levert veranderingen in het bodemprofiel op. Veranderingen in de bodem beïnvloeden vervolgens de waterbeweging. Deze interactie tussen de bodemtopografie en de waterbeweging vindt plaats op verschillende tijd- en ruimteschalen en resulteert vaak in complexe bodemvormen met ingewikkelde geulen en platen.

## Complexe versus geïdealiseerde modellen

Voorspellingen over bodemtopografie worden veelal gedaan op basis van complexe numerieke modellen, die zo volledig mogelijk zijn. Ter Brake werkte daarentegen met een geïdealiseerd model, waarin alleen die processen werden meegenomen waarvan ze verwachtte dat deze van groot belang zouden zijn voor kanaalvorming in de bodem. Zo'n geïdealiseerd model heeft als grootste voordeel dat het wiskundig gezien veel doorzichtiger op te lossen is.

Eind jaren negentig hadden Huib de Swart en Henk Schuttelaars al laten zien dat met een dergelijk model erg veel inzicht kan worden ver-

kregen in de fysica die kan leiden tot de geobserveerde bodempatronen. Met het huidige onderzoek hoopten Ter Brake en Schuttelaars inzicht te krijgen in de fysische processen die ten grondslag liggen aan de splitsing van kanalen en eventueel cyclisch gedrag van de geulen. Daarvoor hebben ze het model uitgebreid en tevens een andere methode dan voorheen gebruikt om de gekoppelde niet-lineaire systemen op te lossen.

Naast de fysica is ook de geometrie van een bekken sterk vereenvoudigd in het model: het wordt rechthoekig verondersteld, met drie 'muren' als zijkanten en een geopende zijde richting zee. Alleen de bodem verandert door erosie en depositie. Het model in het bekken bestaat uit de dieptegemiddelde ondiepwatervergelijkingen voor de waterbeweging, een advection-diffusievergelijking voor het sedimenttransport en een bodemevolutive vergelijking die gebaseerd is op erosie en depositie van sediment.

Aan de zeezijde van het bassin wordt een vereenvoudigde getijdenbeweging voorgeschreven, bestaande uit een hoofdcomponent, met twee keer per dag hoog water, en het eerste nevengetijde, met vier keer per dag hoog water. Niet-lineaire verschijnselen veroorzaken ook nevengetijden in de getijdebekken, die asymmetrie in de waterbeweging kunnen veroorzaken en het netto sedimenttransport sterk kunnen beïnvloeden.

Binnen het onderzoek was Ter Brake met name geïnteresseerd in evenwichtsbodemprofielen. Bassins in de Waddenzee fungeerden als casus voor haar model. Een belangrijk resultaat was het volgende: als ze de waterbeweging forceerde met zowel geobserveerde hoofd- als nevengetijcomponenten, vond ze morfodynamische evenwichten met bekkenlengtes die overeenkomen met de observaties. Deze bekkenlengtes kon ze echter alleen maar vinden als ze de topografisch geïnduceerde sedimentfluxen meenam in haar model. Hoewel deze sedimentfluxen niet zijn opgenomen in de meeste modellen in de literatuur, vond Ter Brake dus dat ze van groot belang zijn. Zonder deze fluxen vond ze slechts morfodynamische evenwichten voor bekken met een lengte die ongeveer  $1/3$  is van de lengte van de waargenomen getijdebekken in de Waddenzee.

### Fractale patronen

In veel getijdebekken worden geul-plaatsystemen waargenomen met fractale patronen. Het aantal kanalen neemt toe richting de kust, waarbij hun diepte afneemt. Geulen en platen kunnen migreren en deze migratie kan cyclisch gedrag vertonen. Ook in het Friese Zeegat worden zulke complexe geul-plaatsystemen aangetroffen.

In het laatste jaar heeft Ter Brake oplossingen gevonden voor haar niet-lineaire tweedimensionale model, waarbij ze fractale geul-plaatsystemen zag ontstaan. Dat is wat ze had gehoopt te bereiken, en dit was dus echt de kroon op haar werk. "Wel is er natuurlijk nog verschrikkelijk veel te doen en begint het eigenlijk pas echt interessant te worden als je geen tijd meer hebt ..."

### Eenzaam ploeteren achter je bureau

Ter Brake was dus tevreden met haar resultaten, maar bewaart ook om andere redenen goede herinneringen aan haar aio-tijd. Het was een supertijd. Ze wilde graag nog veel leren en zag zichzelf direct na haar studie nog niet naar een bedrijf gaan. De zelfstandigheid en het feit dat je als aio je eigen wegen in kunt slaan, spraken haar erg aan. Het begin was uitdagend, vooral omdat ze het fysisch inzicht ontbeerde dat voor dit onderzoek hard nodig was. Dit maakte vooral de discussies tijdens conferenties erg moeilijk; ze sprak simpelweg niet dezelfde taal als veel van de andere onderzoekers.

Ter Brake had graag onderdeel uitgemaakt van een onderzoeksgroep. Hoewel ze gigantisch veel geleerd heeft van haar begeleider en de samenwerking met hem erg prettig was, miste ze wel iets: "Het is al erg eenzaam werk, en als je dan ook niemand hebt om ideeën mee uit te wisselen of te praten over je onderzoek, is dat wel jammer."

Het is dan ook niet verrassend dat de conferenties voor Ter Brake hoogtepunten vormden. "Met name omdat je dan toch wat socialer bezig bent dan wanneer je achter je bureau weken in je eentje aan het ploeteren bent." Conferenties waren natuurlijk ook leuk om nieuwe ideeën op te doen. En door vragen te moeten beantwoorden waar ze zelf niet aan had gedacht, kreeg ze bovendien nieuw inzicht in haar eigen werk.

Aan het einde van haar eerste jaar ging Ter Brake naar een zomerschool. Deze ging over de morfologie en hydrologie in getijdebekken en estuaria en vond plaats in Motril, in Zuid-Spanje. Lezingen door belangrijke mensen uit haar vakgebied werden afgewisseld door groepswork aan een project. De deelnemers hadden heel diverse achtergronden, waardoor denkbeelden sterk verschilden en veel interessante discussies ontstonden. En alsof dat al niet leuk genoeg was, vond de zomerschool ook nog eens plaats in een super sjiek resort aan de Spaanse kust. Daarnaast vond ze ook nog tijd om met enkele anderen te mountainbiken in de Sierra Nevada; in een woord geweldig!

### Een nieuwe uitdaging

Het fysische inzicht dat Ter Brake in de afgelopen jaren heeft ontwikkeld, komt goed van pas in haar nieuwe baan. Sinds afgelopen januari werkt ze voor BMT ARGOS. Dit bedrijf voorziet klanten uit bijvoorbeeld de offshore industrie of de scheepvaart van voorspellingen of statistieken over de oceaan en het weer op elke gewenste locatie op zee. De geleverde informatie wordt zo betrouwbaar mogelijk door gebruik te maken van verschillende databronnen, afkomstig van onder andere numerieke modellen en satellietwaarnemingen. Tot haar verdediging werkte ze bij een Nederlandse vestiging, maar eind maart is ze naar Schotland verhuisd om in Aberdeen een nieuwe uitdaging aan te gaan. ←



### Empirical dynamics of neuronal rhythms

Rikkert Hindriks

Op 11 april 2011 promoveerde Rikkert Hindriks aan de Vrije Universiteit Amsterdam op het proefschrift *Empirical dynamics of neuronal rhythms*. Onder begeleiding van Aad van der Vaart en Fetsje Moné-Bijma heeft hij zich beziggehouden met de wiskundige analyse van hersengolven. Deze golven weerspiegelen de lokale elektrische activiteit van hersenweefsel en worden gemeten met een techniek genaamd elektroencefalografie (EEG) of magneto-encefalografie (MEG). Met EEG en MEG kan de elektrische activiteit over de gehele hersenschors (de buitenste

laag van de hersenen) worden gemeten. In de neurowetenschappen wordt met behulp van statistische analyses van deze golven een link gelegd tussen hersenactiviteit en cognitieve processen. Dit soort analyses bestaan veelal uit het kwantificeren van eenvoudige kenmerken van de gemeten hersengolven, zoals het vermogen in verschillende frequentiebanden of de correlatiecoëfficiënt tussen golven die zijn gemeten in verschillende delen van de hersenschors.

### Modelmatige aanpak

In zijn proefschrift gebruikte Hindriks een meer modelmatige aanpak, die bestaat uit het fitten van een dynamisch model (een differentiaalvergelijking) aan de data, om vervolgens (nieuwe) kenmerken te definiëren in termen van de geschatte parameters uit het model. De data kreeg hij van neurowetenschappers of mensen uit de klinische neurofysiologie met wie hij samenwerkte.

Het grote voordeel van deze aanpak is dat meer inzicht wordt verkregen in het temporele gedrag van de gemeten golven. Modellen die hij heeft gebruikt zijn gekoppelde oscillatoren en stochastische differentiaalvergelijkingen. Het gekoppelde-oscillatormodel stelt je in staat om te karakteriseren hóé hersengolven die zijn gemeten in verschillende delen van de hersenschors elkaar beïnvloeden. In het bijzonder informeert het model over de richting van de beïnvloeding. Die richting is belangrijk, omdat die iets zegt over welke hersengebieden op welke wijze met elkaar communiceren. Hindriks vond aanwijzingen dat frontale (voor) en occipitale (achter) gebieden van de hersenschors in verschillende frequentiebanden op verschillende wijze communiceren.

### Modelleren van spontane hersengolven

Er is door veel onderzoekers geprobeerd spontane EEG-hersengolven te beschrijven met deterministische dynamische systemen. Men maakte daarbij gebruik van de bekende inbeddingsstelling van Takens: als je een eendimensionale projectie (in deze context een EEG-sigitaal) van een hoogdimensionaal (deterministisch) dynamisch systeem observeert, kun je daaruit (via een zogenaamde delay-inbedding) de attractor van het systeem reconstrueren. Met behulp van deze stelling probeerde men zo'n twintig jaar geleden aan te tonen dat EEG-golven een laagdimensionale chaotische dynamica bezitten. Echter, toen zogenaamde surrogaattechnieken uit de statistiek hun opmars deden in het EEG-onderzoek, bleek al snel dat de resultaten (de geclaimde laagdimensionale chaos) statistisch niet deugden. Het is realistischer (en vruchtbaarder) om in dynamische modellen van spontane EEG-signalen een stochastische component toe te voegen. Deze modelleert dan een zeer hoogdimensionaal onderliggend fysiologisch proces.

Al sinds lange tijd worden stochastische discrete-tijdmodellen (lineaire stochastische processen) gebruikt om EEG-signalen te modelleren. Een van de nadelen van deze modellen is echter dat de geschatte parameters afhangen van de frequentie waarmee de signalen gesampeld zijn. Dit in tegenstelling tot parameters van continue-tijdmodellen, die inherent zijn aan het onderliggende proces. Bovendien is het wiskundig eleganter en fysisch realistischer om met continue-tijdmodellen te werken. Als je dat doet, kom je tot een beschrijving van de dynamica van spontane EEG-signalen in termen van stochastische differentiaalvergelijkingen.

### Zijn alfolven een resonantieverschijnsel of niet?

Hindriks bestudeerde onder andere zogenaamde alfolven. Dit zijn golven met een frequentie tussen de 7 en 13 Hz. Voor dergelijke golven die gemeten werden in menselijke proefpersonen tijdens rust, was zijn belangrijkste bevinding dat de dynamica wordt beschreven door

*linear gedempte* oscillatoren. Zulke oscillatoren bezitten een vastepuntattractor en geen attractor in de vorm van een limietcykel. Hindriks noemt dit zijn meest interessante bevinding, omdat deze suggereert dat alfolven kunnen worden opgevat als een (passief) resonantieverschijnsel en niet als een (actief) oscillerend systeem.

Op het moment van het interview is het nog te vroeg om te weten hoe neurowetenschappers hierover denken, aangezien zijn artikel nog in revisie is. Hindriks verwacht echter dat het positief ontvangen zal worden door tenminste een deelgroep van hen. De kwestie van vastepunt dynamica versus limietcykel dynamica van spontane EEG-signalen houdt namelijk velen bezig en zorgt voor levendige discussies.

### Een andere wereld

Een conferentie in Japan vormde een hoogtepunt van zijn aio-tijd, vooral omdat hij daardoor kennis kon maken met de andere wereld die Japan is. Hindriks vertelt: "Het openbare leven is heel anders ingericht, veel gestructureerder, serener en meer gericht op vorm. Zo staat iedereen netjes in de rij bij het instappen in de trein en geeft de conducteur je een buiging nadat hij je kaartje heeft gecontroleerd."

De jongeren vond hij ook interessant, veel modebewuster dan in Europa, maar wel op een geheel eigen wijze. Ook in het uitgaansleven hing een geheel andere sfeer dan hij gewend was. Heel ingetogen, en zonder de agressiviteit die het Nederlandse uitgaansleven zo vaak kenmerkt. Na terugkeer was het nogal wennen om Amsterdam CS uit te komen en meteen weer uit te worden gescholden door ongeduldige automobilisten!

### Gemengde gevoelens

Het leven als aio beviel Hindriks goed. Hij kreeg de vrijheid om te onderzoeken wat hij wilde en heeft daaraan veel plezier beleefd. Al met al vond hij het vier boeiende jaren. Toch heeft hij gemengde gevoelens over het uiteindelijke resultaat. Omdat er geen onderzoeksplan was, heeft het hem veel tijd gekost om zijn richting te bepalen. Achteraf denkt hij dat hij meer zou hebben geproduceerd als hij vanaf het begin met een concrete vraagstelling was begonnen. Aan de andere kant was het misschien wel goed dat hij direct in het diepe werd gegooid. Het hoort volgens hem bij je ontwikkeling als academicus dat je een eigen richting kunt uitstippelen en daaraan vast kunt houden.

Zijn eerste artikel was een zware bevalling en de acceptatie ervan was dan ook een ander hoogtepunt van zijn promotietijd. Er zaten drie herzieningen en meer dan een jaar tussen indiening en acceptatie van het artikel, wat erg lang is voor neurowetenschappelijke tijdschriften. Hij heeft er wel heel veel van geleerd, bijvoorbeeld dat je zeer goed op de hoogte moet zijn van de bestaande literatuur, zodat je precies weet wat er al gedaan is in het relevante vakgebied.

Ook de laatste schrijfkus vond hij best lastig. De afronding van zijn proefschrift, en dan met name het schrijven van de algemene introductie, vereiste dat hij afstand nam van de inhoud van zijn onderzoek en een perspectief creëerde. Afstand nemen van het werk waar hij net drieënhalve jaar druk mee bezig was geweest, was niet makkelijk. Bovendien wilde hij eigenlijk liever aan iets nieuws beginnen. Zijn postdocpositie bij de vakgroep Klinische Neurofysiologie aan de TU Twente lonkte al!

